Die Verfahren zur Planung von Fertigungszeiten und ihre Anwendungsbereiche im Industriebetrieb

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften
(doctor rerum oeconomicarum)
der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Universität des Saarlandes

von
Dipl.-Kfm. PETER FABRY

Saarbrücken 1970

Die Verfahren zur Planung von Fertigungszeiten und ihre Anwendungsbereiche im Industriebetrieb

Inauguraldissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften
(doctor rerum oeconomicarum)
der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen
Fakultät der Universität des Saarlandes

von

Dipl. Kfm.
Peter FABRY

Saarbrücken 1970

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Tag der Disputation	5. November 1970
Dekan	Prof. Dr. W.K. Geck
Erstberichterstatter	Prof. Dr. W. Kilger
Zweitberichterstatter	Prof. Dr. W. Kroeber-Riel

Druck: aku- Fotodruck, 86 Bamberg, Färbergasse 8 R

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Grundlagen industrieller Planung	1
11. Abgrenzung und Problemstellung	4
12. Bedeutung von Zeitplanungssystemen	6
13. Allgemeine Anforderungen an Planzeitwerte	8
2. Die Verfahren der Fertigungszeitplanung bei Einzel- und Serienfertigung	11
21. Die analytische Verfahren des Arbeitsstudiums	11
211. Prämissen der analytischen Zeitermittlungsverfahren	12
212. Die Verfahren	16
2121. Das Refa-System	16
2122. Das Bedaux-Verfahren	17
2123. Die Multimomentzeitstudie	20
213. Generelle Beurteilung der analytischen Verfahren zur Planung von Fertigungszeiten	23
22. Modelltheoretische Betrachtung der Systeme vorbestimmter Zeiten	25
221. Allgemeine Charakteristik	25
222. Bewegungsablaufanalyse	26
223. Zur Theorie der Verfahren vorbestimmter Zeiten	27
224. Systematik der Zeitplanungssysteme	34
2241. Schematischer Ablauf bei analytischen und synthetischen Zeitstudienverfahren	34
2242. Überblick über die SvZ	36
2243. Basisdatengewinnung	46
2244. Bewegungsgrundelemente und Arbeitsverrichtungen	54
2245. Bestimmung der Zeitkomponenten aus den Tabellen	59
225. Prioritäten bei der Untersuchung der synthetischen Verfahren	62

Seite

3. Kritische Würdigung der Verfahren vorbestimmter Zeiten für die betriebliche Planung 65

31. Die Bedeutung der Fertigungszeit für die Fertigungsplanung 65

32. Definition der Fertigungszeit 69

33. Planung von Vorgabezeiten mit den SvZ-Grundverfahren 73

331. Grundlagenforschung und Problematik 76

3311. Additivitätshypothese 78

3312. Funktionaler Zusammenhang der Tabellenzeit 88

33121. Die Konstante "B" der WF-Grundzeitgleichung 90

331211. "B"-Tabellenwerte 91

331212. "B"-Wert Schwankungsbreiten 98

331213. Korrigierte WF-Grundzeitgleichungen 100

331214. Konsequenzen für Fertigungszeitplanung und Lohnfindung 110

33122. Untersuchung der SvZ-Tabellenzeiten 111

331221. Die WFG-Tabellenzeiten als Untersuchungsbasis 115

331222. Abweichungsanalyse und Konfidenzgrenzen 121

331223. Ergebnis 123

3313. Normalleistung und Leistungsgrad 125

33131. Problematik des Leistungsgradschätzens 129

33132. Kritische Betrachtungen zum Leveling-System 131

332. Aussagefähigkeit von Arbeitsprozeßanalysen 146

333. Einflußgrößenuntersuchung und Genauigkeit der mit Systemen vorbestimmter Zeiten geplanten Fertigungszeiten 158

Seite

3331. Grundzeitgleichung und Genauigkeitsbereich 161

3332. Prüfung der Maßeinheit der Merkmalsstufen 166

33321. Häufigkeit der Bewegungsgrundelemente und Merkmalsstufen 166

33322. Gesetzmäßigkeit der Merkmalsstufen 170

333221. Testverfahren 171

333222. Ergebnis 172

3333. Beeinflussung der Zeiten durch Gewichtsangaben 186

3334. Analyse der Bewegungsentfernung 195

3335. Statische Haltearbeit 197

34. Zeitvergleichende Analysen mit den aus den SvZ-Grundverfahren abgeleiteten verkürzten Verfahren 199

341. Systemvergleich ausgewählter Verfahren 205

342. Genauigkeit der abgekürzten Verfahren 208

35. Die Systeme vorbestimmter Zeiten und die Zeitmessungsverfahren 219

351. Der Umrechnungsfaktor 220

352. Auswirkungen unterschiedlicher Arbeitszykleneinteilung auf die Fertigungszeit 225

36. Betriebswirtschaftliche Überlegungen bei der Einführung der Systeme vorbestimmter Zeiten 231

361. Angestrebte Anwendungsziele 232

362. Realisierbarkeit der Anwendungsziele 236

3621. Betriebsmittelkonstruktion und Produktplanung 237

3622. Arbeitsmethode 245

3623. Betriebsabrechnung und Kalkulation 251

3624. Fertigungsprogramm- und -ablaufplanung 253

Seite

363. Das Verteilzeitproblem 268

37. Kritik und Erweiterungen 272

4. Anhang 281

5. Literaturverzeichnis 285

6. Abkürzungsverzeichnis 322

Vorwort

Vorliegende Arbeit befaßt sich mit den Methoden der Fertigungszeitplanung und ihren Problemen. Sie versucht, durch eine eingehende Systematisierung und Analyse der Grundgedanken ausgewählter Fertigungszeitplanungssysteme, die Vor- und Nachteile dieser Verfahren unter besonderer Berücksichtigung der Verfahren der Bewegungsstudie (SvZ = Systeme vorbestimmter Zeiten) herauszuarbeiten. Hauptaufgabe dieser Abhandlung soll jedoch die Beantwortung der Frage sein, inwieweit und ob überhaupt die SvZ in der Lage sind, Zeitplanungsprobleme zu lösen.

Das erste Kapitel hat einführenden Charakter. Hier werden sowohl die Bedeutung von Zeitplanungen als auch die allgemeinen Anforderungen an Planzeitwerte herausgearbeitet.

Es wird in diesem Kapitel insbesondere darauf hingewiesen, daß ungenau geplante Zeiten erhebliche Auswirkungen kostenrechnerischer Art haben können und das Produktionsrisiko vergrößern können.

Eine Systematisierung der Verfahren der Fertigungszeitplanung wird im zweiten Kapitel gegeben, wobei in analytische und synthetische Verfahren unterschieden wird.

Während bei den analytischen Verfahren vor allem auf die sehr umfangreichen Literaturstellen hingewiesen wird, wird im zweiten Unterkapitel versucht, die Theorie der Systeme vorbe-

stimmter Zeiten modelltheoretisch zurückzuverfolgen. Dies führt zu einer Systematisierung der Zeitplanungssysteme, insbesondere der SvZ. Den Abschluß dieses Kapitels bildet die Begründung dafür, daß die weitere Untersuchung vor allem den aus der Bewegungsstudie abgeleiteten SvZ gewidmet ist. Die Analyse der Einzelverfahren der SvZ wird jedoch auf ein vertretbares Maß reduziert, da auf Grund einer eigenen Industrieuntersuchung festgestellt wurde, daß hauptsächlich zwei Verfahren, nämlich das Work-Factor und das MTM (Methodes-Time-Measurement)-Verfahren in deutschen Unternehmungen angewandt werden.

Das dritte Kapitel befaßt sich intensiv mit den Grundlagen der SvZ und der kritischen Analyse der den SvZ zugrundeliegenden Prämissen.

Außerdem werden die SvZ auf ihre Anwendbarkeit in industriellen Unternehmungen untersucht.

Da die SvZ ex definitione nur die Analyse manueller Tätigkeiten ermöglichen, war es notwendig, den Fertigungszeitbegriff neu zu formulieren und den Gegebenheiten anzupassen.

Es wird hier vor allem herausgestellt, daß nur der Zeitanteil der Fertigungszeit, der vom Produktionsfaktor "menschliche Arbeit" zu beeinflussen ist, für die weitere Untersuchung von Interesse ist. Alle vom Menschen unbeeinflußbaren Zeitfaktoren werden als gegeben unterstellt.

Die Untersuchung der Systemtauglichkeit wurde im Rahmen der Fertigungsprogrammplanung und der Fertigungsablaufplanung

durchgeführt. Der Spezialanalyse der den SvZ zugrunde liegenden Prämissen folgt eine Untersuchung über die betriebswirtschaftliche Relevanz der SvZ, den angestrebten Anwendungszielvorstellungen sowie ihrer Realisierbarkeit und Realisierung.

Meinem akademischen Lehrer, Herrn Professor Dr. Wolfgang Kilger, möchte ich an dieser Stelle für die zahlreichen Anregungen, seine Diskussionsbereitschaft und die großzügige Unterstützung sowohl bei der Abfassung der Arbeit als auch bei der von ihm betreuten Untersuchung in deutschen Industrieunternehmungen danken.

Danken möchte ich ihm auch dafür, daß er mir Gelegenheit gab, die Grundgedanken meiner Arbeit im Rahmen eines Kolloquiums vorzutragen. Für die kritische Durchsicht des Manuskripts, ihre wertvollen Hinweise und Diskussionsbereitschaft danke ich den Herren Dipl.-Kfm. Dipl.Ing. Dr. H.J. Brink und Dipl. Kfm. Dr. Klaus Dellmann.

Ferner danke ich Herrn Joseph H. Quick, Senior Vice President der WOFAC-Company, für seine Diskussionsaufgeschlossenheit, die Probleme der SvZ betreffend, anläßlich eines Vortrages im Rahmen der Veranstaltungen des Industrieseminars an der Universität des Saarlandes.

In gleichem Maße habe ich den Herren Dipl.Volksw. Hans-Dietmar Bethke, Dr. W. Helms, Deutsche MTM-Vereinigung e.V., und insbesondere Herrn REFA-Ing. E.F. Kurz, Work-Factor-Gemeinschaft für Deutschland e.V., zu danken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Ted Ulman, Senior Research Analyst der WOFAC-Company, der durch einen ausführlichen Briefwechsel mit mir zur Klärung umstrittener Probleme wesentlich beitrug.

Danken möchte ich auch Fräulein Amanda Manthei und Frau Hannelore Palocsay für die Mühe beim Schreiben des Manuskripts.

Peter Fabry

1. Grundlagen industrieller Planung

Die quantitativ ausgerichtete Planung gewinnt durch die zunehmende Verbreitung der Methoden der Unternehmensforschung (Operations Research) bei der unternehmerischen Entscheidungsfindung mehr und mehr an Bedeutung.

Außerdem zwingt der Konkurrenzdruck, der Arbeitskräftemangel und zusätzliche Expansionsbestrebungen die Unternehmensleitung dazu, sich in ihren Plänen und Entscheidungen der besten Mittel zu bedienen.

Schon die detaillierte Analyse der Zeitkomponenten deckt deshalb Stellen auf, an denen Produktionsfaktoren unrationell eingesetzt sind.

Der Planungsbegriff wird in der Literatur zum Teil recht unterschiedlich behandelt. Zu Beginn soll deshalb eine klare Abgrenzung des Begriffes in bezug auf die Zielsetzung gegeben werden. Hier wird sich auf betriebswirtschaftliche, im Rahmen der freien Wettbewerbspolitik, von Angebot und Nachfrage sinnvolle Zielsetzungen wie Gewinnmaximierung und Kostenminimierung beschränkt. [1)]

---

1) Zur Problematik und Abgrenzung unternehmerischer Zielsetzungen vgl. HAX, H., Bewertungsprobleme bei der Formulierung von Zielfunktionen für Entscheidungsmodelle, in: ZfbF, 19. Jg. (1967), S. 749-761, hier S. 749;
vgl. auch HEINEN, E., Die Zielfunktion der Unternehmung, in: Zur Theorie der Unternehmung, Festschrift zum 65. Geburtstag von E. Gutenberg, Wiesbaden 1962, S. 9-71;
FERNER, W., Modelle zur Programmplanung im Absatzbereich industrieller Betriebe, Dissertation Saarbrücken 1965.

Der Planung kommt die Bedeutung zu, den Betriebsablauf unter Zugrundelegung einer bestimmten Zielsetzung auf der Basis gegebener oder erwarteter Daten im voraus für alle Teilbereiche und damit für den Gesamtbetrieb festzulegen.[1)]

Die Planung soll den Betriebsprozeß transparent machen und ausgehend von dem Datenmaterial Entscheidungshilfen für die Unternehmenspolitik liefern.[2)]

---

1) Das Ziel jedes betrieblichen Planungsprozesses ist die Erstellung des Gesamtplanes der Unternehmung.
Diese Forderung bedingt eine quantitative Erfassung der relevanten und den gesamten Unternehmensprozeß charakterisierenden Plangrößen einer bestimmten Periode.
Im Rahmen unserer Untersuchung soll deshalb nur prinzipiell festgestellt werden, daß der Planungsprozeß nie sektoriell autonom betrachtet werden kann, sondern daß vielmehr unbedingt auf die Interdependenz der betrieblichen Teilpläne hingewiesen werden muß.
Vgl. GUTENBERG, E., Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Erster Band, Die Produktion, 12. Aufl., Berlin-Heidelberg-New York 1965, S. 163 f;
KILGER, W., Planungsrechnung und Entscheidungsmodelle des Operations Research, in: AGPLAN, Bd. 9, Unternehmungsplanung, Wiesbaden 1965, S. 55-75;
Hat man jedoch den Interdependenzcharakter betrieblicher Einzelpläne immer vor Augen, so ist die sektorielle Betrachtung möglich, und zwar mit der Möglichkeit quantitativer und qualitativer Konsequenzen, die Einzeldaten aus vor- oder nachgelagerten Teilplänen erfahren.

2) Die Planungsrechnung wird in der betriebswirtschaftlichen Literatur mit zwei divergierenden Begriffsinhalten versehen.
Aufgabe der einen Richtung ist die Erfassung der "den gesamten Unternehmungsprozeß charakterisierenden Plangrößen für eine bestimmte Planungsperiode" und "unter Berücksichtigung der Interpendenz aller Teilpläne" diese abzustimmen und durch Soll-Ist-Vergleich zu kontrollieren; vgl. KILGER, W., Planungsrechnung und Entscheidungsmodelle, a.a.O., S. 55;
Aufgabe der zweiten Richtung ist, "auf der Grundlage mathematischer Methoden für die Unternehmenspolitik Entscheidungsmodelle zur Verfügung zu stellen", vgl. hierzu KILGER, W., Planungsrechnung und Entscheidungsmodelle ..., a.a.O., S. 56.

- Fortsetzung -

Die Betriebswirtschaftslehre unterscheidet im System der Produktivfaktoren[1] die objektbezogene und dispositive menschliche Arbeitsleistung, Betriebsmittel und Werkstoffe. Eine exponierte Stellung nimmt hier der Faktor "Arbeit" und seine Messung ein.

Im einzelnen sind es hier drei Größen, die sowohl Bestimmungs- als auch Beeinflussungsfaktoren darstellen, nämlich die Zeit, die Menge und der Wert.

Klammert man wegen starker außerbetrieblicher subjektiver Beeinflussungsmöglichkeiten den "Wert" als Bestimmungsfaktor zunächst aus, so sind Zeiten und Mengen wichtige Größen.

Termin und Zeitplanungen sind aus dem Betriebsprozeß kaum noch wegzudenken, da laufende Terminplanungen die Grundlage jeder Fertigungssteuerung und die Kostenplanungen der wirtschaftlichen Überwachung des Fertigungsablaufs dienen.

Gerade für diese Planungen bildet jedoch eine ins kleinste gehende detaillierte Kenntnis der Größe "Zeit" die Basis betrieblicher Berechnungen, da in den meisten Fällen Fehlplanungen aus unzureichenden Basisdaten resultieren.[2]

(Fortsetzung der Fußnote 2) von S. 2)
Von welchen Autoren diese beiden Richtungen vertreten werden, wird in Fußnoten 4 und 5 bei Kilger wiedergegeben; vgl. hierzu KILGER, W., Planungsrechnung ..., a.a.O., S. 56, Fußnoten 4 und 5.

1) Vgl. GUTENBERG, E., Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Erster Band, Die Produktion, 12. Aufl., Berlin-Heidelberg-New York 1965, S. 3;
vgl. auch KILGER, W., Der Faktor Arbeit im System der Produktionsfaktoren, in: ZfB, 31. Jg. (1961), S. 596-611.

2) Vgl. MAUL, H., Methoden für die Ermittlung von Planzeitwerten, in: Refa-N, 18. Jg. (1965), S. 1-16, hier S. 1.

Die Handlungen rational geführter Unternehmen richten sich deshalb in sehr starkem Maße auch auf die Sicherung und Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Betriebsgeschehens aus. Die Wirtschaftlichkeit kann jedoch nur dann gewährleistet sein, wenn die kostenbestimmenden Faktoren, Zeit und Menge, beeinflußt werden können. [1)]

11. Abgrenzung und Problemstellung

Aus vorgenannten Gründen soll versucht werden, die Grundlagen der bestehenden Zeitplanungssysteme, die sich auf den Einsatz der menschlichen Arbeit beziehen, zu durchleuchten und auf Grund sachlicher Tests und logischer Folgerungen die betriebswirtschaftliche Bedeutung und Eignung der einzelnen Verfahren zu analysieren.

Ziel der Untersuchung soll also eine betriebswirtschaftlich sinnvolle Aussage über Möglichkeiten und Grenzen älterer und neuerer Verfahren der Fertigungszeitplanung sein.

Vor allem soll eine Klärung dahingehend erfolgen, ob mit den Systemen der Fertigungszeitplanung alle relevanten Größen des Planungsprozesses erfaßt worden sind und erfaßt werden können.

Inhalt dieser Untersuchung sind insbesondere die analytischen Verfahren der Zeitmessung und die sogenannten Systeme vorbestimmter Zeiten, [2)] die wir als synthetische Verfahren

---

1) Vgl. Das Refa-Buch, Erster Band, Arbeitsgestaltung, 9. Aufl., München 1960, S. 27/28.

2) Unter dem analytischen Verfahren wollen wir vor allem das sogenannte Refa-Zeitstudiensystem verstehen, ausgehend von Zeitmessungen mit der Stoppuhr. Wenn also in der fol-

- Fortsetzung -

bezeichnen wollen.

Eine detaillierte Analyse von Lernprozessen in Form der >manufacturing progress functions< oder >learning curves< soll aus dieser Untersuchung ganz ausgeklammert werden. [1)]

(Fortsetzung der Fußnote 2) von S. 4)
genden Abhandlung von Zeitstudien gesprochen wird, so immer im Sinne von Refa, es sei denn, es wird ausdrücklich auf ein anderes Verfahren verwiesen.
(REFA = "Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung" (1924), seit 1951 "Verband für Arbeitsstudien".)
Zum Refa-System vgl. Das Refa-Buch, Erster Band, a.a.O.; Das Refa-Buch, Zweiter Band, Zeitvorgabe, 8. Aufl., München 1958; WÖHE, G., Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 3. Aufl., Berlin und Frankfurt 1962, S. 62 ff; KILGER, W., Flexible Plankostenrechnung, 3. Aufl., Köln und Opladen 1967, S. 274 ff;
Zur Definition vorbestimmter Zeiten vgl. KARGER, D.W., und BAYHA, F.H., Engineered Work Measurement, New York 1961, S. 34/35: "A predetermined time system is an organized body of information, procedures, and technique, employed in the study and evaluation of work elements performed by human power in terms of the method or motions used, their general and specific nature, the conditions under which they occur, and the application of prestandardized or predetermined times which their performance requires."
Neben dem Begriff der "vorbestimmten Zeiten", der sich als "terminus technicus" für diese Bewegungsstudienverfahren einbürgerte, wurden auch noch folgende verwendet: "Elementarzeitverfahren", "Kleinstzeitverfahren", "synthetische Zeiten", "Griffzeitrechnung". Vgl. hierzu PILZ, H.E., Bessere Arbeitsgestaltung durch die Anwendung vorbestimmter Zeiten, in: Refa-N., 12. Jg. (1959), S. 68-73, hier S. 68.
Kilger spricht hier von "überbetrieblichen Verfahren", da die Vorgabewerte aus "überbetrieblich ermittelten Normalzeiten" abgeleitet werden; vgl. hierzu KILGER, W., Flexible Plankostenrechnung, a.a.O., S. 273.

1) Die betriebliche Praxis zeigt, daß bei Serienfertigung mit wachsender Stückzahl die Fertigungszeit je Stück sinkt. Dies resultiert aus einer zunehmenden Intensivierung der Fertigkeit im Arbeitsablauf. Haben jedoch die Arbeitskräfte einen gewissen Standard an Übung erreicht, so können Rationalisierungseffekte basierend auf Lernprozessen ausgeschaltet werden.

- Fortsetzung -

12. Bedeutung von Zeitplanungssystemen

Die Bedeutung von Zeitplanungssystemen kann aus dem Begriffsinhalt der Planung, wie er von Kilger gesehen wird,[1] ausreichend formuliert werden.

Geplante Fertigungszeiten stellen einmal Bezugsgrößen für die Kalkulation dar und sind somit Bestandteil der Kostenrechnung, zum anderen sind geplante Fertigungszeiten Daten für sehr viele Planungsmodelle des Operations Research, beispielsweise als Elemente der Prozeßmatrix von LP-Ansätzen zur Bestimmung gewinnmaximaler Fertigungsprogramme.

Folgende Grundthesen sollen die Bedeutung von Zeitplanungssystemen für die industrielle Arbeit charakterisieren:

(Fortsetzung der Fußnote 1) von S. 5)
Diesen Einübungs- oder Lerneffekt umgehen jedoch alle Verfahren der Zeitplanung schon in der Basisdefinition der Bezugsleistung. Die Verfahren der Fertigungszeitplanung gehen von ausreichend eingeübten Arbeitern aus.
Zur Problematik von Lernkurvenanalysen vgl. SCHNEIDER, D., "Lernkurven" und Ihre Bedeutung für Produktionsplanung und Kostentheorie, in: ZfbF, NF, 17. Jg. (1965), S. 501-515;
BAUR, W., Neue Wege der betrieblichen Planung, Berlin-Heidelberg-New York 1967;
JANZEN, J.L., The Manufacturing Progress Function Applied to a Wage Incentive Plan, in: JoIE, 17. Jg. (1966), S. 197-200;
HIRSCH, W.Z., Manufacturing Progress Functions, in: The Review of Economics and Statistics. Vol. 34 (1952), S. 143-155;
DAS, Biman, Applying Programmed Learning Concepts to Instruct in Performance Rating, in: JoIE, 16. Jg. (1965), S. 94-100;
KILGER, W., Flexible Plankostenrechnung, a.a.O., S. 280 ff;
YOUNG, Samuel L., Misapplications of the Learning Curve Concept, in: JoIE, 17. Jg. (1966), S. 410-415;
HANCOCK, W.M., FOULKE, J.A., Eine Studie der Anlernkurven für kurze Arbeitsgänge, Forschungsstudien Rapport 112, deutsche Übersetzung von E. Bornemann, o.O. 1965.

1) Vgl. KILGER, W., Planungsrechnung und Entscheidungsmodelle des Operations Research, a.a.O., S. 55/56.

1. Kann man mit einiger Sicherheit behaupten, welches der bestehenden und angewandten Verfahren das genaueste ist, so vereinfachen sich sowohl Produktionsplanung als auch Kostenkontrolle; als Instrument der Planung sind dann die Ergebnisse ergiebiger. [1)]
2. Ist es möglich, ein für Planungsaufgaben im Industriebetrieb geeignetes System zu finden, so muß konsequenterweise die Prämisse echter vom Arbeitsprozeß im Industriebetrieb losgelöster selbständiger Planung im Sinne Gutenbergs [2)] auch im Bereich der Fertigungszeitplanung gefunden werden.
3. Findet man das geeignete und theoretisch fundierte Zeitplanungssystem, so wird dieses System die Wirtschaftlichkeitsprobleme im Fertigungsbereich, wie Losgröße, [3)] Maschinen-

---

1) Hierzu muß erwähnt werden, daß die ins Detail gehende Informationsaufgeschlossenheit bei den meisten Zeitplanungssystemen (SvZ) sehr zu wünschen übrig läßt und deshalb zunächst einmal alle aus diesen Systemen gezogenen Resultate mit Skepsis aufgenommen werden müssen.

2) "Planung bedeutet, das von der Geschäfts- und Betriebsleitung Gewollte in die rationalen Formen betrieblichen Vollzuges umzugießen", vgl. GUTENBERG, E., Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band 1, a.a.O., S. 147; "Planen heißt: zukünftige Gegebenheiten systematisch durchdenken, mit der gegenwärtigen Situation vergleichen und daraus Maßnahmen für die Zukunft ableiten." Vgl. hierzu BAUR, W., Neue Wege der betrieblichen Planung, a.a.O., S. 1.

3) Vgl. SCHNEIDER, D., "Lernkurven" und ihre Bedeutung für Produktionsplanung und Kostentheorie, a.a.O., S. 502: "Denn sinken mit wachsender Stückzahl die Einzelkosten der Fertigung, dann sinkt die Höhe der Kapitalbindung. Damit vermindern sich die Zinskosten und größere Lose werden wirtschaftlicher." Durch geeignete Zeitplanungssysteme könnte der Sachverhalt produktionswirtschaftlicher Optima transparenter gemacht werden und im Rahmen der Gesamtplanung in puncto Genauigkeit verfeinert werden.

belegung, Verfahrenswahl, Eigenerstellung - Fremdbezug u.ä., wesentlich beeinflussen.

4. Hiermit verbunden ist eine stichhaltige Festlegung von gesicherten Vorgabezeiten, die sowohl arbeitspsychologisch als auch physiologisch und zeitmäßig von den Arbeitnehmern als korrekt angesehen werden.
   Der besondere Vorteil eines geeigneten Planungssystems besteht gerade darin, daß ausgehend von vorhandenen "Grundbausteinen" bei unerwartet auftretendem Arbeitsprogrammwechsel ohne erheblichen Aufwand neue Planwerte in relativ kurzer Zeit ohne Zeitstudien herkömmlicher Art geschaffen werden könnten.
5. Ein wesentlicher Gesichtspunkt eines solchen Zeitplanungsverfahrens ist außerdem die vereinfachte Ermittlung von Sollkosten für die Plankostenrechnung, die den Soll-Ist-Vergleich genauer machen und die Abweichungen reduzieren.

13. Allgemeine Anforderungen an Planzeitwerte

Zuvor muß geklärt werden, welche Anforderungen allgemeiner und spezieller Art an Zeitplanungssysteme zu stellen sind.

Dominierender Faktor ist hierbei jeweils die Prüfung der Zeitplanungssysteme auf ihre theoretische Richtigkeit und danach erst auf ihre Praktikabilität. Vergleichbarkeit der verschiedenen Systeme setzt jedoch eine genaue Beschreibung der zu analysierenden Arbeitsvorgänge voraus.[1)]

---

1) Vgl. MAUL, H., Methoden für die Ermittlung von Planzeitwerten, a.a.O., S. 2;
"Die Arbeitsvorgänge, die der ursprünglichen Zeitmessung zugrunde gelegen hatten, müssen genau beschrieben sein, da-

- Fortsetzung -

Folgende wichtige Forderungen sollten den Maßstab zur Beurteilung von Zeitplanungssystemen setzen:

1. Jedes Zeitplanungssystem muß einwandfrei nachprüfbar sein. Voraussetzung hierfür ist eine bis in die Einzelheiten gehende Offenlegung aller Prämissen und Daten, damit auch retrograd die Richtigkeit festgestellt werden kann. Enthält die Zeitkomponente Ungenauigkeiten, so schlägt sich dies gegebenenfalls in höheren Kosten, geringerer Arbeitsmoral der Arbeitnehmer, schlechter Kontrolle der Planung und vor allem einem erhöhten Produktionsrisiko[1] nieder.
2. Die Definitionen bestimmter Tatbestände (z.B. Regelmechanismus) müssen so klar gegeben sein, daß Überschneidungen und Fehlinterpretationen nicht mehr möglich sind.
3. Die Gliederung der Zeitaufnahmen muß übereinstimmen.
4. Da es sich bei Planfertigungszeiten um Zukunftsdaten handelt, unterliegen sie der Unsicherheit, was zu hypothetischen Annahmen über die Zukunftsentwicklung führt. Stehen nun jedoch durch ein System gegebene Planzeitwerte zur Diskussion, so müssen diese zumindest von der statistischen

(Fortsetzung der Fußnote 1) von S. 8)
mit man für einen vorliegenden Planungsfall die Übereinstimmung oder Art und Größe von Abweichungen erkennen kann." Hier dreht es sich vor allem um eine lückenlose Betrachtung und Überprüfung aller einen Arbeitsablauf charakterisierender Merkmale. So gehören z.B. auch solche Komponenten dazu wie die "Art und Leistungsfähigkeit" des verwendeten Betriebsmittels, ebenso wie verwendete Werkstoffe, Werkzeuge, Vorrichtungen und allgemein-gültige interne und externe Betriebsanweisungen, die die Leistungsfähigkeit des Arbeitsplatzes zeitnegativ beeinflussen können (z.B. geforderte Mindestqualität bei Präzisionsteilen); vgl. auch LANGHEINRICH, G., Planzeitwerte fehlen, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 217-220.

1) Vgl. STROMMENGER, C., MTM und Wertanalyse, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61. Jg. (1966), S. 547-550.

Seite her gesehen "gesicherte Ergebnisse" darstellen. Die aufgrund von Zeitplanungssystemen ermittelten Planzeitwerte müssen auf den Sachverhalt hin geprüft werden, ob sowohl Anzahl als auch Streuung der Werte Aussagen mit hinreichend statistischer Sicherheit in bezug auf ihre Plangenauigkeit ermöglichen können.[1)]

5. Bei der Aufstellung von Planzeiten muß vor allem geprüft werden, ob alle Einflußgrößen auf ihre Art und den Grad ihrer Auswirkungen untersucht wurden.
Weiterhin muß gefordert werden, daß Einflußgrößen möglichst vollständig erfaßt werden, um danach durch eine sinnvolle Abgrenzung von beeinflussenden und nicht beeinflussenden Größen eindeutige Ergebnisse zu erzielen.
Dies setzt voraus, daß zwischen systematischen und zufälligen Einflüssen klar getrennt werden kann.[2)] So ist z.B. der "Weg oder die Entfernung" eine systematische, während das Alter des Arbeiters eine zufällige Größe darstellt.

---

1) Vgl. EULER, H., Zeitstudien im Blickfeld der Statistik, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und soziale Betriebspraxis, 19. Jg. (1965), S. 125-139, hier S. 126;
"So ist auch bei Zeitaufnahmedaten im Rahmen von Arbeitsstudien die Güte des Auswertungsergebnisses abhängig von der Anzahl der Urwerte, von ihrer Gleichartigkeit und von ihrer Genauigkeit."
"Je größer die Anzahl der Beobachtungsdaten ist, umso weniger Gewicht haben in der Gesamtbetrachtung vereinzelte "Ausreißer", umso größer ist die Kompensation zufälliger Abweichungen und umso klarer werden in dem Zahlenwerk steckende Gesetzmäßigkeiten sichtbar."

2) Vgl. MAUL, H., Methoden für die Ermittlung von Planzeitwerten, a.a.O., S. 2;
"Systematische Einflußgrößen kann man jeweils einzeln erfassen, z.B. Spannen mit 3-Backenfutter, Spannen mit Zange; Messen mit Schieblehre, Messen mit Rachenlehre usw. Zufällige Einflußgrößen bedürfen der statistischen Prüfung."

6. Die Zeitelemente müssen so gesplittet sein, daß eine eindeutige Trennung in verschiedene Zeitinhalte gegeben ist. Dies setzt voraus, daß die für die Zeitplanungssysteme relevante Fertigungszeit definiert werden muß.
Eine Trennung nach Schwerpunkten muß abgelehnt werden, da Planzeitwerte nach den Kriterien Betriebsmittel - Werkstoff- und Arbeiterzeiten aufgegliedert werden müssen.

2. Die Verfahren der Fertigungszeitplanung bei Einzel- und Serienfertigung

21. Die analytischen Verfahren des Arbeitsstudiums

Zu den analytischen Verfahren des Arbeitsstudiums[1] werden die sogenannten Zeitmessverfahren[2] oder Zeitstudienverfahren im

---

1) Unter den analystischen Verfahren des Arbeitsstudiums wollen wir die aus den Erkenntnissen Taylors abgeleiteten Verfahren der Zeitmessung verstehen.
Analytisch werden die Verfahren genannt, weil durch sie eine objektive Beurteilung von Schwierigkeitsunterschieden bei Arbeitsprozessen ermöglicht werden soll. Das Wertverhältnis der Anforderungsarten wird hier schon vorher festgelegt, entweder durch explizite Systemimmanzenz oder durch Verdeutlichung mittels Gewichtungsfaktoren.
Begründer der Zeitstudie war F.W. Taylor, dessen erste Veröffentlichung "Shop Management" 1903 erschien.

2) Zur Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte der Zeitstudienverfahren vgl. BÖHRS, H., BRAMESFELD, E., EULER, H., PENTZLIN, K., Einführung in das Arbeits- und Zeitstudium, 2. Aufl., München 1954, S. 7 ff;
BRAMESFELD, E., Bewegungs- und Zeitstudium, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 3. Aufl., Stuttgart 1956, S. 1055-1059;
CARROLL, P., Timesstudy for Cost Control, 2. Edition, New York 1943;
Das Refa-Buch, Erster Band, a.a.O., S. 21 ff;
Zur Vertiefung des Bedaux-Systems vgl. ROCHAU, E., Das Bedaux-System, 3. Aufl., Würzburg 1962;

- Fortsetzung -

Sinne des Refa-Systems, das Bedauxsystem, sowie die Multimomentzeitstudie gezählt. Letzteres Verfahren basiert nicht auf kontinuierlichen Beobachtungen, sondern auf Stichprobenbeobachtungen.[1)]

211. Prämissen der analytischen Zeitermittlungsverfahren

A. Das Refa-System beruht auf folgenden Voraussetzungen:

a. Existenz und Meßbarkeit einer "Normalleistung", die sich aus den Komponenten[2)]

(Fortsetzung der Fußnote 2) von S. 11)
FISCHER, B., Grundzüge des Bedaux-Systems, in: ZfB, 20. Jg. (1950), S. 637-646;
FISCHER, B., Methode der analystischen Arbeitsbewertung zur Bestimmung der Grundlohnskala nach Bedaux, in: ZfB, 21. Jg. (1951), S. 35-43;
BAIERL, F., Produktivitätssteigerung durch Lohnanreizsysteme, 4. Aufl., München 1965, S. 204 ff.

1) Eine kurze Charakterisierung der hier genannten Systeme soll später noch gegeben werden.
Dem Gehalt nach könnte man das Multimomentverfahren unter die analytischen Zeitmessungsverfahren subsummieren, da es jedoch nicht von der kontinuierlichen Betrachtungsweise ausgeht, sondern vielmehr stochastische Einflüsse zu berücksichtigen versucht, kann man es ebensogut als zwischen Zeit- und Bewegungsstudie stehend ansehen.
Zum Verständnis der genauen Zusammenhänge des Multimomentverfahrens vgl. HALLER-WEDEL, E., Das Multimoment-Verfahren in Theorie und Praxis, 2. Aufl., München 1969; BRISLEY, C.L., Multimomentaufnahmen, in: Handbuch des Industrial Engineering, Teil III, a.a.O., S. 101-124.

2) Vgl. Das Refa-Buch, Band 2, a.a.O., S. 22 ff; Refa geht davon aus, daß der Leistungsgrad eines Arbeiters durch zwei Merkmale, nämlich seinem Einsatz und der Wirksamkeit seiner Arbeitsausführung, charakterisiert wird.
Hierbei äußert sich der Einsatz in den Komponenten "Bewegungsgeschwindigkeit" und "Anspannung", während die Wirksamkeit des Arbeitsvollzuges von der Arbeitsweise und individuellen Ausprägung der allen Arbeitern vorgegebenen Arbeitsmethode abhängt.

- normale Intensität und
- normale Wirksamkeit

ergibt.

1. Normale Intensität[1)]

"Als normal ist diejenige Intensität (Einsatzgröße) zu verstehen, mit der ein Arbeiter auf die Dauer und im Mittel der täglichen Schichtzeit ohne Gesundheitsschädigung arbeiten kann, wenn er die in der Vorgabezeit berücksichtigten Zeiten für persönliche Bedürfnisse und gegebenenfalls auch für Erholung einhält."

2. Normale Wirksamkeit[2)]

"Normal ist diejenige Wirksamkeit ("Gütegrad") des Arbeitsverlaufes, die erfahrungsgemäß von einem Arbeitenden erwartet werden kann, der ausreichend geeignet, eingeübt und eingearbeitet ist und frei von solchen inneren Hemmungen oder äußeren Einflüssen arbeitet, die seine Wirksamkeit beeinträchtigen könnten."

Normalleistung entsteht durch das Zusammenwirken von normaler Intensität und normaler Wirksamkeit.

---

1) Vgl. Refa-Buch, Band 2, a.a.O., S. 28;
Es soll schon jetzt ausdrücklich festgestellt werden, daß durch die vom Refa gegebene Verbaldefinition der Begriff der Normalleistung keineswegs hinreichend zu präzisieren ist. Sowohl in den USA als auch in Deutschland gibt es über die Normalleistung unterschiedliche Auffassungen. "Das Problem der praktischen Normalleistung besteht also darin, daß wir für den praktischen Betrieb eine Bezugsleistung suchen, die allen Forderungen genügt, so daß sie wirklich als normal anerkannt werden kann." Vgl. hierzu HILF, H.H., Grundleistung oder Normalleistung?, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und soziale Betriebspraxis, 7. Jg. (1953), S. 145-149, hier S. 145.

2) Vgl. Das Refa-Buch, Band 2, a.a.O., S. 29.

Gerade der Begriff des "Normalen" in Verbindung mit der "Normalleistung" hat im Refa-System normativen Charakter.

b. Am Objekt stattfindende Zeitmessung.
Die direkte Zeitmessung findet mittels mechanischer Zeitmeßgeräte (Stoppuhr) in Verbindung mit dem Arbeiter am Arbeitsobjekt zur Ermittlung von Istzeiten statt.

Was die Kritik und die Problematik des Refa-Systems anbetrifft, so kann man drei wesentliche Punkte anführen, die in der Literatur immer wieder erwähnt sind:

1. die Genauigkeit der für Zeitstudien verwandten Meßgeräte;
2. die nicht zu quantifizierenden Leistungsmaßstäbe und damit die eindeutige Definition der Begriffe "Normalleistung", "Normale Intensität" und "Normale Wirksamkeit" und
3. der Leistungsgrad.

Da eine detaillierte Beschreibung, Analyse und Kritik des Refa-Systems wegen seines Bekanntheitsgrades unterbleiben soll, sei deshalb hierzu auf die große Anzahl von Veröffentlichungen hingewiesen.[1)]

---

1) Zur Kritik an Stoppuhrzeitmessungen vgl. BUFFA, E.S., Methoden der Zeitmessung, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Band III, Berlin-Köln-Frankfurt o.J., S. 17-34, hier S. 28 ff;
HAMDY, Mostofa, HAMDY, Ahmed, Beitrag zur Kritik der Verfahren vorbestimmter Zeiten, Köln und Opladen 1964, S. 10;
ABRUZZI, A., Work Measurement, New York 1952, S. 244;
GOMBERG, W., A Trade Union Analysis of Time Study, Second Edition, New York 1955, S. 70-85;
EULER, H., Zeitstudien im Blickfeld der Statistik, a.a.O., S. 125-139;
LORENZ, F.R., Zur Frage der Erfassung kurzer Zeiten bei Arbeits- und Zeitstudien, in: Werkstatt und Betrieb, 95. Jg. (1962), S. 283-287, hier S. 281;

- Fortsetzung -

B. Beide Prämissen lassen sich sowohl für das Bedaux-System als auch die Multimomentaufnahme aufführen.

Beide Verfahren gehen von Istanalysen aus, wobei jedoch die Multimomentzeitstudie sich insofern von z.B. Refa unterscheidet, daß sie nicht von kontinuierlichen Beobachtungen mittels manueller Stoppuhr- oder Gerätezeitmessung ausgeht, sondern Grobanalysen mittels Stichprobenbeobachtungen erhält. (Vgl. Übersicht 1.)

(Fortsetzung der Fußnote 1) von S. 14)
TOBLER, E., Moderne Zeit- und Bewegungsstudien, insbesondere das M-T-M-Verfahren, Bern 1957, S. 100 ff;
Zur Kritik und Problematik der "Normalleistung" vgl.
REHHAHN, H., Zur Kritik des "absoluten Arbeitswertes", in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und Fachberichte aus der sozialen Betriebspraxis, 12. Jg. (1958), S. 86-90;
PORNSCHLEGEL, H., BIRKWALD, R., WIESNER, H., Menschliche Leistung und Arbeitsergebnis, in: Arbeits- und betriebskundliche Reihe, Band 4, Köln 1965, S. 35;
WEINBERG, F., Optimale Lohngestaltung, in: Industrielle Organisation, 28. Jg. (1959), S. 261-268, hier S. 262;
BÖHRS, H., Normalleistung und Erholungszuschlag in der Vorgabezeit, München 1959, S. 76;
EULER, H., STEVENS, H., HEIMANSBERG, B., Theorie und Praxis, Kritik und Mängel der bisherigen Leistungsentlohnung, a.a.O., S. 74;
PECHOLD, E., Über die Treffsicherheit von Leistungsgradschätzungen, in: Refa-N., 12. Jg. (1959), S. 6-9, hier S. 6;
FORNALLAZ, P.F., Ausbildung im Leistungsgradschätzen mit Hilfe des Films, in: Refa-N., 4. Jg. (1951), S. 76-84;
BLOCH, W., Zur Problematik des Leistungsgradschätzens, in: Industrielle Organisation, 23. Jg. (1954), S. 20-24;
BRÄUTIGAM, G., Menschliches, Allzumenschliches auch beim Leistungsgradschätzen, in: Refa-N., 5. Jg. (1952), S. 92-94.

212. Die Verfahren

2121. Das Refa-System

In dieser Arbeit wird die Refa-Systematik als bekannt vorausgesetzt. [1)]

Die physiologischen und psychologischen Einwirkungsmöglichkeiten des arbeitenden Menschen werden bei Refa im "Leistungsgrad" [2)] erfaßt.

Die im Refa-System immanenten subjektiven Faktoren (wie z.B. der Mensch, die Bestimmung seiner Leistung und die mit der Messung der Istzeit durch den Analytiker verbundenen Probleme) lassen den Schluß zu, das Refa-System für Zeitplanungszwecke als ungeeignet zu bezeichnen oder zumindest als nicht in allen Phasen ausreichend.

---

1) Begründer der Zeitstudie war F.W. Taylor. Jedoch wurde schon damals dieses System stark kritisiert. Vgl. hierzu WITTE, J.M., Kritik des Zeitstudienverfahrens, Berlin 1921, S. 22 ff.
Eine umfassende Darstellung aller Einflußfaktoren, ebenso wie die komplexe Darstellung des Refa-Systems wird durch die verschiedenen Refa Bücher gegeben: vgl. hierzu: Das Refa-Buch, Erster Band, a.a.O.; Das Refa-Buch, Zweiter Band, a.a.O.; Das Refa-Buch, Dritter Band, Methodische Grundlagen der analytischen Arbeitsbewertung, München 1965; Das Refa-Buch, Vierter Band, Arbeitsunterweisung, 5. Aufl., München 1960; Das Refa-Buch, Fünfter Band, Der kalkulatorische Verfahrensvergleich, München 1956.

2) Die Komponenten des Leistungsgrades werden aus der von Bramesfeld schematisierten Übersicht erkennbar, vgl. hierzu: Das Refa-Buch, Zeitvorgabe, Zweiter Band, a.a.O., S. 23, Bild 5.

Die Istzeitanalyse und das Zurückgreifen auf vergangenheitsorientierte Meßwerte, ebenso wie der von subjektiven Faktoren stark beeinflußbare Leistungsgrad eröffnen nämlich erhebliche Fehlerquellen. [1)]

Die Zeitstudie mit der Stoppuhr produziert tatsächliche Daten, die schon getestet sind, und liefert mithin ex post Größen, die für Plangrößen nur bedingt verwendbar sind. Die Grenzen der direkten Zeitmeßverfahren ergeben sich deshalb aus dem Aufbau und der Anwendung des Systems selbst. Zur Erstellung von Planzeitwerten ist der direkten Zeitmessung im Sinne von Refa die Basis entzogen, und zwar

1. aufgrund immanenter Systemfehler (z.B. Stoppuhrmeßfehler) und
2. aufgrund schwerfälliger und zeitraubender Beeinflußbarkeit der gewonnenen Istdaten (z.B. Neuaufnahme von Zeitdaten bei Arbeitsprogrammwechsel).

Als direktes Zeitplanungsinstrument muß mithin die Stoppuhrzeitstudie als problematisch angesehen werden, jedoch bietet dieses System eine geeignete Basis dafür, geplante Zeitwerte durch Istzeitmessung zu kontrollieren.

2122. Das Bedaux-Verfahren [2)]

Gegenüber dem bestehenden "Refazeitstudiensystem" stellt das Bedaux-Verfahren keine wesentliche Verbesserung dar. Diese

---

1) Vgl. DAUBERT, H., Engpässe der Rationalisierungsarbeit, in: Refa-N., 15. Jg. (1962), S. 162.

2) Zum Bedaux-Verfahren vgl. BAIERL, F., Produktivitätssteigerung durch Lohnanreizsysteme, a.a.O., S. 204 ff; LEDERER-TRATTNERN, H.v., Der Erholungszuschlag im

- Fortsetzung -

Behauptung läßt sich am einfachsten an Hand der Zeitwert-beeinflussungspunkte beweisen:

1. Die Maßeinheit "B"

Hierunter versteht Bedaux "... diejenige Menge Arbeit, die ein geübter und für die betreffende Tätigkeit geeigneter, nicht gehemmter Mensch in einer Minute vollbringt, wenn er ein normales Arbeitstempo einhält und die Erholungsspanne in Anspruch nimmt, die ihm für diese Tätigkeit zugebilligt werden muß, damit er sie während einer Schicht ausführen kann, ohne sich zu erschöpfen und ohne Raubbau an seinem Arbeitsvermögen zu treiben."[1)]

(60 "B" in 1 Stunde = 100 % Leistungsgrad nach Refa)

Auch diese Maßeinheit "B" verbessert die Subjektivität des Begriffes "Normalleistung" nicht und bietet keine objektiven Beurteilungskriterien.

(Fortsetzung der Fußnote 2) von S. 17)
Bedaux-Verfahren, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und soziale Betriebspraxis, 7. Jg. (1953), S. 52-54;
ROCHAU, E., Das Bedaux-System, a.a.O.;
CRETTOL, G., Betriebliche Produktivität am Scheideweg. Eine Untersuchung des aktuellsten Problems der Betriebswirtschaft mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsmöglichkeiten der Arbeitsorganisation nach dem Bedaux-Verfahren, Dissertation Basel 1966, S. 186 ff;
SCHROEDER, R., Das Bedaux-Verfahren, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und soziale Betriebspraxis, 5. Jg. (1951), S. 40-43.

1) Vgl. BAIERL, F., Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 204/205;
Der "B"-Wert errechnet sich demnach wie folgt:

$$"B" = \frac{t_A \cdot \lambda_A}{60 \times 60} \cdot f_e$$

t_A = Aufnahmezeit
λ_A = Arbeitsgeschwindigkeit
f_e = Erholungsfaktor

Auch die sich hieran anschließende Multiplikation der durch Zeitaufnahmen festgestellten Arbeitszeit mit der "Arbeitswirksamkeit" zur Errechnung der "Normalzeit" und die darauf folgende Multiplikation dieser "Normalzeit" mit dem "Erholungszeitfaktor" läßt an der Objektivität und wissenschaftlichen Beweisführung zweifeln, da diese Faktoren sich einer exakten Messung entziehen.

2. Vergütung von Warte- und Störungszeiten

Störungen im Betriebsablauf werden im Bedaux-System gesondert vergütet. Sie gehen nicht zu Lasten des Arbeiters, sondern des Betriebes.
Auch in diesem Punkt unterscheidet sich Bedaux nicht von Refa, da auch hier die betrieblich bedingten Wartezeiten und arbeitsabhängigen sonstigen Zeiten vergütet werden.

3. Zusatzprämien

Zusatzprämien kann ein Arbeiter nach Bedaux dann erreichen, wenn er die Qualität des Produktes beeinflußt. Hierdurch wird ein Ausgleich für langsamere Präzisionsfertigung geschaffen.

4. Methodenzuschuß[1)]

Beeinflußt der Arbeiter seine Arbeit an solchen Aggregaten, die einen bestimmten Prozentsatz manueller Verrichtungstätigkeit benötigen, so erhält er einen Methodenzuschuß.
Dieser Methodenzuschuß kann dem Arbeiter
a) durch einen Zuschlag auf die "B"-Stunde oder
b) durch Umrechnen des zu gewährenden Methodenzuschusses auf die Erzeugniseinheit angerechnet werden.

---

1) Vgl. BAIERL, F., Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 207 f.

Wie schon oben erwähnt, zeigt die kurze Charakterisierung des Bedaux-Systems, daß es von Refa in der Methodik nur unwesentlich abweicht und nur durch Verklausulierung einiger wichtiger Größen (wie z.B. dem Erholungsfaktor)[1] als geeigneteres System erscheinen soll.

2123. Die Multimomentzeitstudie

Im Rahmen der von uns angestrebten Systematik ist eine Einordnung des Multimomentverfahrens sehr schwierig, da es in der Methodik weder direkt zu den analytischen Verfahren noch zu den synthetischen Verfahren einzuordnen ist.

Da jedoch beim Multimomentverfahren die Arbeitsprozesse ähnlich wie im Refa-System zerlegt werden und jede Multimomentanalyse von Istzuständen ausgeht, halten wir die Einordnung dieses Verfahrens unter die analytischen für gerechtfertigt, ordnen es jedoch zwischen analytische und synthetische Verfahren ein (vgl. Übersicht 1).

Die Multimomentzeitstudie[2] basiert vornehmlich auf wahrscheinlichkeitstheoretischen Annahmen.

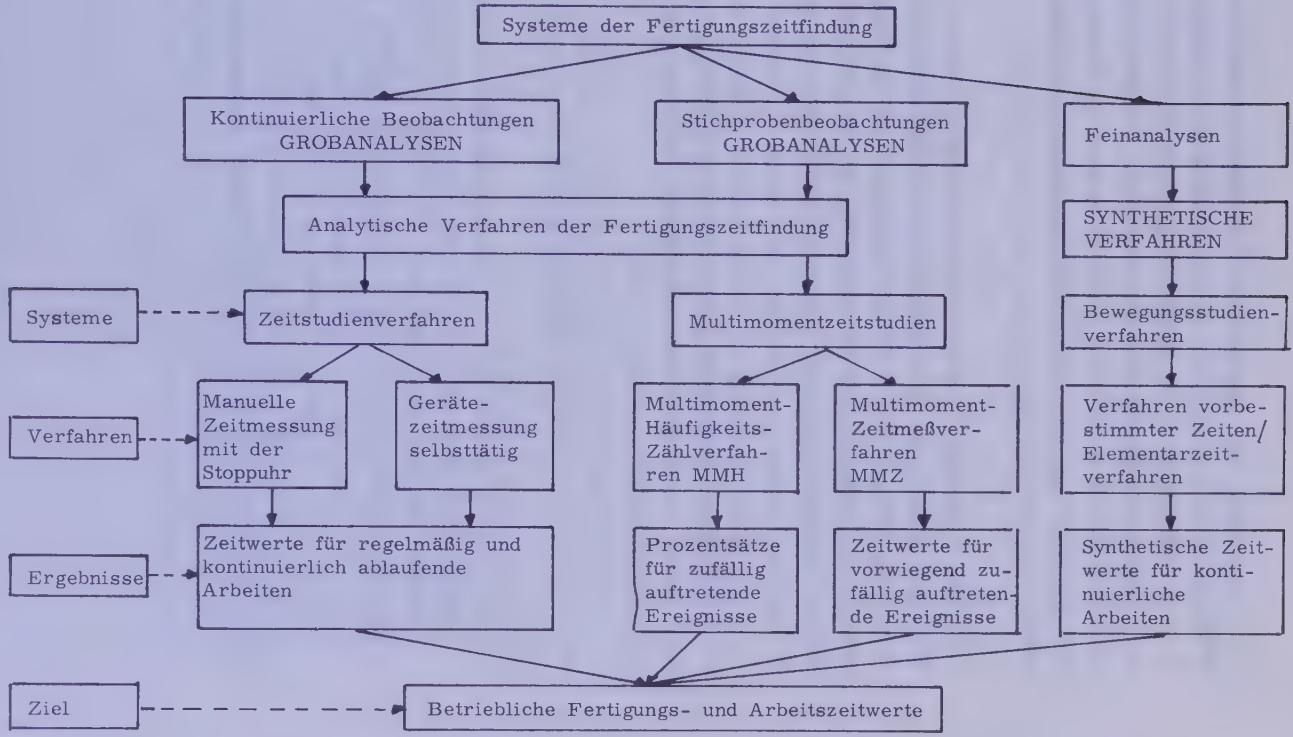
---

1) Vgl. LEDERER-TRATTNERN, H.v., Der Erholungszuschlag, a.a.O., S. 54.
"Bedaux veröffentlicht keine detaillierten Angaben über die Höhe seiner Erholungszuschläge, um so der Gefahr einer mißbräuchlichen Anwendung bei mangelnder Fachkenntnis und Erfahrung zu begegnen." Die Veröffentlichung bestimmter Daten wird angeblich deshalb nicht in Angriff genommen, weil dadurch "der Wert der Forschungsarbeiten, auf denen sie fußen", diskreditiert werden könnte.

2) Vgl. HALLER-WEDEL, E., Elementar-Bewegungen als Grundlage für Arbeitsstudien, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaften und Fachberichte aus der sozialen Betriebs-

- Fortsetzung -

Übersicht 1: Systeme der Fertigungszeitfindung, angelehnt an HALLER-WEDEL, E., Das Multimomentverfahren, a.a.O., S. 17.



Die Grundthese ist die Annahme des Übergehens der relativen Häufigkeiten der Einzelwerte einer genügend großen Stichprobe in die Grundgesamtheit. Die Stichproben repräsentieren bei der Multimomentaufnahme die Grundgesamtheit. Von einer Multimomentaufnahme spricht man, wenn Stichproben zur Ermittlung von Unterlagen über Maschinenbelastungen und menschliche Tätigkeiten gemacht werden.

Nach HALLER-WEDEL[1)] ist die Multimoment-Studie "ein Stichproben-Verfahren, das Aussagen über die prozentuale Häufigkeit bzw. über die Dauer von vorwiegend unregelmäßig auftretenden Vorgängen oder Größen beliebiger Art für eine frei wählbare Genauigkeit bei einer statistischen Sicherheit von 95 % gibt".

Der Schlüssel zur Genauigkeit einer Multimomentaufnahme liegt in der Anzahl der Beobachtungen, da von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit geschlossen wird.

Die Stichprobe muß folgenden Kriterien entsprechen:

(Fortsetzung der Fußnote 2) von S. 20)
praxis, 10. Jg. (1956), I. Teil, Arbeits-Zeitvorgabe ohne Stoppuhr, S. 1-7;
vgl. auch HALLER-WEDEL, E., Das Multimomentverfahren in Theorie und Praxis, a.a.O.;
Das Multimomentverfahren wurde 1940 von Prof. Morrow entwickelt; vgl. DE JONG, J.R., Das Multimomentverfahren in den USA, in: Refa-N., 11. Jg. (1958), S. 171-174;
GROTHUS, H., Multimomentaufnahmen bei Instandhaltegruppen zeigen Ansatz, Ziel und Erfolg der Rationalisierung, in: Refa-N., 20. Jg. (1967), S. 63-70.

1) Vgl. HALLER-WEDEL, E., Das Multimomentverfahren in Theorie und Praxis, a.a.O., S. 16.

1. Die Stichprobenentnahme muß aus einer homogenen Grundgesamtheit erfolgen.
2. Die Stichprobe muß eine Zufallsauswahl darstellen.
3. Die einzelnen Entnahmen müssen unabhängig voneinander sein.
4. Der Stichprobenumfang muß so groß sein, daß ein Konfidenzintervall gewünschter Länge erzielt wird.

Die Grenzen dieses Systems ergeben sich einmal aus der schwerfälligen und zeitraubenden direkten Beobachtungs-Ist-Analyse und zum zweiten aus der für eine genügend aussagefähige statistische Genauigkeit (z.B. Konfidenzzahl 95 %) zu analysierenden großen Anzahl von Stichproben. Dadurch ist das System auf Istzeitstudien eingeengt und verliert somit für die Erstellung von Planzeitwerten an Bedeutung. Einer der häufigsten Anwendungsbereiche der Multimomentzeitstudie liegt in der Ermittlung der Verteilzeit.

213. Generelle Beurteilung der analytischen Verfahren zur Planung von Fertigungszeiten

Für die Planung von Fertigungszeiten kann man generell feststellen, daß die analytischen Systeme bis heute und aller Voraussicht nach auch zum Teil weiterhin den Betrieben immer noch als Planungsgrundlagen dienen, daß sie jedoch von einem echten Planungsinstrument sehr weit entfernt sind.

Die in eine solche Planung eingehenden Größen basieren auf vergangenheitsorientierten individuellen Istzeiten, die zum Teil einer subjektiven Korrektur unterworfen werden (wie z.B. Leistungsgradschätzen, Erholungszeitfaktor usw.). Zumindest bei

Einzelfertigung und häufigem Fertigungsprogrammwechsel nicht standardisierter Produkte dürften den analytischen Verfahren die Grundlage für echte Planungen entzogen sein, ebenso wie bei stufenweisem Produktionswechsel und bei Neuanlauf eines Fertigungsprozesses.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß die analytischen Verfahren zur Planung von Fertigungszeiten nur bedingt, wenn überhaupt, angewendet werden können, und zwar

1. wegen der subjektiven Beeinflussung
   a) des Zeitnehmers bei der Zeitmessung[1] und
   b) des Analytikers in bezug auf den zu schätzenden Leistungsgrad,
2. wegen der Ungenauigkeit der für die Analysen verwandten Zeitmeßgeräte,[2]
3. wegen der relativ großen Zahl von Stichproben.

---

1) Fehler ergeben sich deshalb, weil die Genauigkeit von der kleinsten noch möglichen Ableseeinheit und dem menschlichen Verwendungsfehler beeinflußt wird:
vgl. BUFFA, Elwood S., Methoden der Zeitmessung, a.a.O., S. 17-34, hier S. 28;
Abruzzi folgerte aufgrund empirischer Untersuchungen, daß "the degree of accuracy and precision obtained also depend upon the operation and the operator studied", vgl. ABRUZZI, A., Work Measurement, a.a.O., S. 244.

2) Die Entwicklung auf dem Gebiet der Zeitmeßgeräte läßt darauf schließen, daß der angestrebte Genauigkeitsgrad noch nicht erreicht war und ist.
Vgl. BUFFA, E.S., Methoden der Zeitmessung, a.a.O., S. 17 ff; vgl. auch GOMBERG, W., A Trade Union Analysis of Time Study, a.a.O., S. 70-85; HENNECKE, A., Die Ermittlung der Akkordvorgabezeiten für Massenerzeugnisse mit unterschiedlichen Abmessungen aufgrund von Arbeitsstudien mit der Arbeitsschauuhr, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 269-277.

Da man bei der Planung davon ausgehen muß, daß der Abweichungsprozentsatz zwischen geplanten und effektiven Zeiten relativ klein sein soll und im Idealfall gegen null tandieren muß, muß bei den analytischen Verfahren eine relativ große Stichprobe aus der Grundgesamtheit gezogen werden, um mit hinreichender Sicherheit und statistischer Genauigkeit arbeiten zu können.[1)]

22. Modelltheoretische Betrachtung der Systeme vorbestimmter Zeiten

221. Allgemeine Charakteristik

Um die Nachteile der Zeitstudien zu eliminieren, wurden - ausgehend von Frank Bunker Gilbreth (1868 - 1924) und seinen Bewegungsstudien - in den dreißiger Jahren die sogenannten Systeme vorbestimmter Zeiten (SvZ) entwickelt.

Ziel dieser Entwicklung war die Lösung der in der Zeitstudie auftretenden Probleme und die Entdeckung eines für Arbeitnehmer wie Arbeitgeber "gerechten" Lohnanreizsystems.[2)]

Hauptzweck aller Systeme vorbestimmter Zeiten ist die exakte Bestimmung des Zeitaufwandes für jede einzelne manuelle Tätigkeit des Arbeiters und die Minimierung des Ermessensspielraumes des Zeitnehmers. Karger[3)] definiert die Systeme

---

1) Vgl. hierzu die Stichprobengrößenformel bei NIEBEL, B.W., Motion and Time Study, Revised Edition, Homewood 1958, S. 264; vgl. auch NADLER, G., Work Design, Homewood 1963, S. 409.

2) Vgl. Work-Factor-Handbuch für das Schnellverfahren, bearbeitet von H.E. Pilz, Lehrunterlage des Refa e.V., Darmstadt o.J., Kapitel 1-2.

3) Vgl. KARGER, D.W. and BAYHA, F.H., Engineered Work Measurement, a.a.O., S. 34/35.

vorbestimmter Zeiten[1] als "an organized body of information, procedures, and techniques employed in the study and evaluation of work elements performed by human power in terms of the method or motions used, their general and specific nature, the conditions under which they occur, and the application of prestandardized or predetermined times which their performance requires".

Jeder Arbeitsvorgang wird bei den Systemen vorbestimmter Zeiten in Grundbewegungsarten zerlegt, denen "Normalzeitwerte" zugewiesen sind. Diese "Normalzeitwerte" bestimmen sich aus der Natur der Grundbewegungen und den Einflüssen, unter denen sie ausgeführt werden.[2]

222. Bewegungsablaufanalyse

Neben den tabellarisch geordneten "Normalzeitwerten" erfordern die Systeme vorbestimmter Zeiten die Festsetzung und Einhaltung von Gesetzen über die Bewegungsreihenfolge. Grundsätzlich zerfällt die Analyse jedes Bewegungsablaufes bei den Systemen vorbestimmter Zeiten in drei Komponenten:

1. Bewegungssplitting,
2. Einflußgrößenbestimmung,
3. Zeitwertablesung.

Beim Bewegungssplitting wird der Bewegungsablauf des Arbeitsvorganges festgelegt und in seine Bewegungsgrundelemente

---

1) Systeme vorbestimmter Zeiten werden im Amerikanischen als "Predetermined time systems" bezeichnet. In Deutschland hat sich der Terminus "Systeme vorbestimmter Zeiten" durchgesetzt.

2) Vgl. hierzu auch KARGER, D.W. and BAYHA, F.H., Engineered Work Measurement, a.a.O., S. 18.

zerlegt. Danach wird die Einflußgröße zur jeweiligen Bewegungssplittingsgröße bestimmt, abgekürzt in Symbolen niedergeschrieben und der dazugehörige Tabellenwert gesucht. Übersicht 2 zeigt den schematischen Aufbau der Bewegungsablaufanalyse. Auf die mit der Addition von Einzelzeiten verbundenen Probleme wird in Kapitel 3311. näher eingegangen.

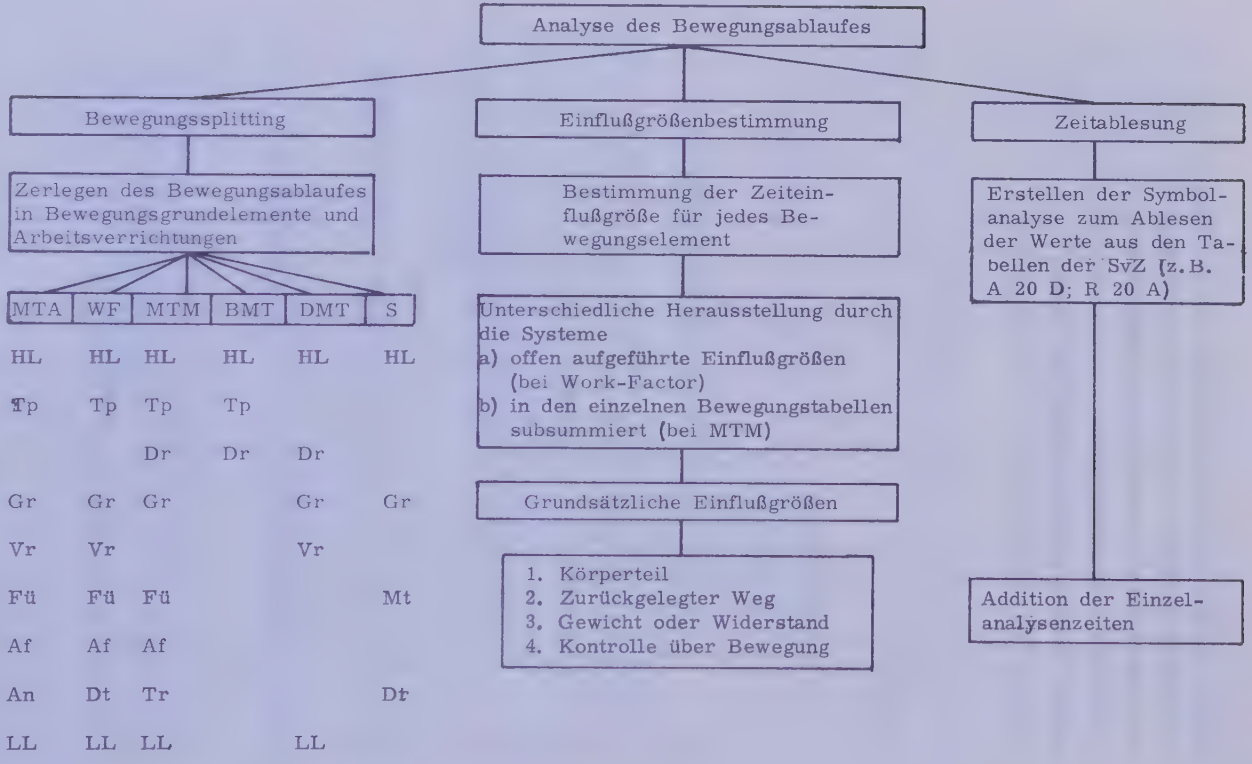
223. Zur Theorie der Verfahren vorbestimmter Zeiten

Kurzzeichen:

B	Bewegungsablauf
b_{i_s}	Bewegungsgrundelement der Art i (i = 1 ... m) in der Stichprobe s (s = 1 ... G)
T_B	Gesamtzeit des Bewegungsablaufs
$t_{b_{i_s}}$	Zeitbedarf des Bewegungsgrundelementes der Art i in der Stichprobe s
$\bar{t}_{b_i}$	Mittlerer Zeitbedarf für das Bewegungselement b_i
t_{B_i}	Zeitdauer für ein Bewegungselement
G	Grundgesamtheit (≙ Umfang der Stichprobe)
D_{b_i}	Zurückgelegte Entfernung des Bewegungsgrundelementes der Art i
E_j	Einflußgröße der Art j (j = 1 ... n)
λ_{i_s}	Leistungsgrad bei der Zeitmessung für das Bewegungselement i in der Stichprobe s (i = 1 ...m; s = 1 ... G)
$\bar{t}_{b_i}^*$	Mittlerer Zeitbedarf für das Bewegungselement b_i unter Berücksichtigung des Leistungsgrades

Jeder in der Praxis vorkommende, wie auch immer geartete Bewegungsablauf (B) setzt sich bei den SvZ (vgl. Kapitel 222) aus "Bewegungsgrundelementen" der Art i (i = 1 ... m)

Übersicht 2: Bewegungsablaufanalyse



b_i (z.B. MTM) oder "Standardelementen" b_i (z.B. Work-Factor) zusammen, die zeitlich aufeinander folgen. Diese b_i wurden aus den von Gilbreth entwickelten "Therbligs"[1] abgeleitet.

Ziel der SvZ ist die Ermittlung des Zeitbedarfs für einen Bewegungsablauf(T_B).

Die Praxis der SvZ zeigt, daß dieser Zeitbedarf T_B durch Addition der Einzelanalysenzeiten der Bewegungsgrundelemente - t_{b_i} (i = 1 ... m) - ermittelt wird. Diese Einzelzeiten sind jedoch Mittelwerte einer sich aus tatsächlichen Zeitmessungen ergebenden Grundgesamtheit (G).

Mithin ist

(1) $$T_B = \sum_{i=1}^{m} \bar{t}_{b_i}$$

$\bar{t}_{b_i}$ = mittlerer Zeitbedarf für das Bewegungselement b_i

Um Aussagen mit genügender statistischer Sicherheit machen zu können, muß eine ausreichend große Stichprobe (z.B. bei unterstellter Konfidenzzahl 95 %) untersucht werden. Hierbei müssen sowohl alle b_i als auch die aus der zurückgelegten Bewegungs e n t f e r n u n g beeinflußten t_{b_i} in genügend großer Anzahl in einer Stichprobe S untersucht worden sein.

Der Zeitbedarf für ein Bewegungselement wird jedoch nicht nur von der Entfernung, sondern noch durch andere E i n f l u ß -

---

1) Gilbreth standardisierte 17 Grundbewegungsarten, die er in Umkehrung seines Namens "Therbligs" nannte.
Zu dem Inhalt der Therbligs vergleiche Übersicht 9.

größen (z.B. Gewicht, Widerstand, Richtung u.a.) bestimmt.

Die SvZ behaupten, daß zwischen der Zeitdauer und den Einflußgrößen ein funktionaler Zusammenhang festgestellt werden kann. Dieser funktionale Zusammenhang ist jedoch nur empirisch zu ermitteln, indem man Zeitmessungen für ein Bewegungselement b_i unter parametrischer Abwandlung der Einflußgrößen E_j vornimmt.

$$(2) \qquad t_{B_i} = f_i\,(D_{b_i},\ E_1,\ E_2,\ \ldots\ E_j,\ \ldots\ E_n)$$

Obwohl die Grundlagen und statistischen Berechnungen der SvZ nicht offenliegen, kann geschlossen werden,[1] daß es sich bei den Tabellenzeiten um Mittelwerte, und zwar um arithmetische Mittel handelt.

Der durchschnittliche Zeitbedarf $\bar{t}_{b_i}$ für das Bewegungselement b_i ergibt sich demnach aus:

---

1) Vgl. hierzu SANFLEBER, H., Untersuchungen über die Summierbarkeit von Elementarzeiten, Dissertation Aachen 1965, S. 165; RAPHAEL, D.L., Bericht über die Forschungsmethoden, Rapport 107, Zürich 1960, übersetzt von W. Hebeisen, S. 18.
Diese Annahmen wurden ebenfalls durch einen Diskussionsvortrag von H.J. Quick am 8. Juli 1969 über das Work-Factor System an der Universität des Saarlandes (Industrieseminar) erhärtet; HANCOCK, W.M., MTM-Grundlagenforschung in den Vereinigten Staaten, in: Zeitschrift für Wirtschaftliche Fertigung, 6. Jg. (1968), S. 309-310, hier S. 310: "Die augenblicklich vorliegende MTM-Normalzeitwertkarte enthält nur die durchschnittliche Ausführungszeit für die einzelnen Grundbewegungen." Zweifelsohne existieren jedoch Anwendungsgebiete, bei denen nicht die Durchschnittszeit, sondern gerade die Abweichungen von dieser von weit größerer Bedeutung sind (z.B. die Taktabstimmung von Fließbändern).

$$(3) \qquad \bar{t}_{b_i} = \frac{\sum_{S=1}^{G} t_{b_i s}}{G}$$

Es steht eindeutig fest, daß die t_{b_i} um den durchschnittlichen Leistungsgrad korrigiert wurden. Dies wurde durch den am 8. Juli 1969 von Joseph H. Quick, WOFAC, einem der Mitbegründer des Work-Factor-Systems, gehaltenen Diskussionsvortrag an der Universität des Saarlandes und ferner durch das in Kapitel 3313. behandelte "Leveling-System" bestätigt.

Auch hier kann es sich nur um das arithmetische Mittel aller Leistungsgradbeobachtungen oder -berechnungen handeln.

$$(4) \qquad \bar{t}_{b_i}^{*} = \frac{\sum_{S=1}^{G} t_{b_i s} \cdot \lambda_{i_s}}{G}$$

Der Leistungsgrad λ_{i_s} wird wie folgt definiert:

$$(5) \qquad \lambda_{i_s} = \frac{\lambda_{i_s} \text{ (ist)}}{\lambda_{i} \text{ (Normal)}}$$

$$\lambda_{i} \text{ (Normal)} = 1$$

$$0 \leqslant \lambda_{i_s}$$

Die obigen Überlegungen enthalten jedoch einige wichtige An-

nahmen:[1)]

1. Die Stichprobenwerte $(t_{b_{i_s}} \cdot \lambda_{i_s})$ müssen aus einer homogenen Grundgesamtheit erfolgen.
2. Die Stichprobenwerte $(t_{b_{i_s}} \cdot \lambda_{i_s})$ müssen nach der Wahrscheinlichkeitsdichte

$$(6) \quad g(t_{b_{i_s}} \cdot \lambda_{i_s}) = g(t_{b_{i1}} \cdot \lambda_{i1} \cdot t_{b_{i2}} \cdot \lambda_{i2} \cdot \ldots \cdot t_{b_{iG}} \cdot \lambda_{iG})$$

verteilt sein.

3. Damit die Stichprobe zufällig ist, muß (6) folgende Bedingungen erfüllen:
   31. Die verschiedenen $t_{b_{i_s}} \cdot \lambda_{i_s}$ müssen unabhängig sein, d.h.

$$(7) \quad g(t_{b_{i_s}} \cdot \lambda_{i_s}) = g_1(t_{b_{i1}} \lambda_{i1}) \cdot g_2(t_{b_{i2}} \lambda_{i2}) \cdot \ldots \cdot g_G(t_{b_{iG}} \lambda_{iG})$$

---

1) Vgl. BRANDT, S., Statistische Methoden der Datenanalyse, Mannheim 1968, S. 80; vgl. auch SANFLEBER, H., Untersuchung über die Summierbarkeit von Elementarzeiten, a.a.O., S. 165; DISNEY, R.L., Praktische Statistik, in: Handbuch der Industrial Engineering, a.a.O., Band XIII, S. 531-647, hier S. 558.

32. Die Randverteilungen $g_s\ (t_{b_{i_s}}\ \lambda_{i_s})$ müssen identisch und gleich der Verteilungsfunktion der Grundgesamtheit sein.

(8) $g_1\ (t_{b_{i1}}\ \lambda_{i1}) = g_2\ (t_{b_{i2}}\ \lambda_{i2}) = \ldots = g_G\ (t_{b_{iG}}\ \lambda_{iG}) = f\ (t_{b_i}\ \lambda_i)$

4. Sind diese Bedingungen erfüllt, so kann aufgrund des "zentralen Grenzwertsatzes" die Annahme gemacht werden, daß bei großem Stichprobenumfang der Stichprobenmittelwert (4) einer Normalverteilung unterliegt.
5. Was die Einflußgrößen (E_j) betrifft, so muß in der Funktion (2) eine Einteilung in intensiv beeinflussende und schwach oder überhaupt nicht beeinflussende Größen getroffen werden.
   Hierdurch ist es möglich, zunächst durch parametrische Abwandlung der intensiv beeinflussenden Größen den Untersuchungsumfang in relativ überschaubaren Grenzen zu halten. Die völlige Vernachlässigung der schwach oder weniger beeinflussenden Größen sollte jedoch vermieden werden, da dies zu Fehlern führen kann.
6. Die den SvZ-Denkmodellen unterstellten Hypothesen bezüglich der statistischen Aussagen sowie dem hier zugrunde liegenden Stichprobenmaterial müssen mit geeigneten Testverfahren auf ihre Stichhaltigkeit geprüft sein.
7. Die Elementareinzelzeiten müssen additiv verknüpfbar sein, d.h. es muß gelten:

$$T_B = \sum_{i=1}^{m} \bar{t}_{b_i}$$

Die Gesamtzeit ergibt sich also aus der Addition der Einzelzeiten.

Die oben angeführten Überlegungen müssen unseres Erachtens bei Konzipierung der SvZ von den Begründern grundsätzlich durchdacht worden sein.

Die theoretische Abhandlung sagt jedoch nichts über das tatsächliche Vorgehen der Begründer der einzelnen Systeme vorbestimmter Zeiten aus, da nur aufgrund bestimmter Äußerungen zur statistischen Grundlage retrograd auf diese Form geschlossen wurde. Detaillierte Aussagen über die wirkliche Vorgehensweise liegen jedoch bis heute nicht vor, so daß oben angeführte Punkte zum Teil Vermutungen bleiben müssen.

224. Systematik der Zeitplanungssysteme

2241. Schematischer Ablauf bei analytischen und synthetischen Zeitstudienverfahren

Die Zeitmessung (z.B. das Refa-System), die von der Zeitstudienabteilung (Arbeitsvorbereitung) durchgeführt wird, basiert auf effektiven Istzeiten. Um ein Äquivalent zur Normalleistung zu geben, wird diese Istzeit um dem sogenannten Leistungsgrad korrigiert.

Beide Faktoren, Istzeitmessung und Leistungsgrad, charakterisieren in Verbindung mit dem vom Refa[1)] konzipierten Zeit-

1) REFA = "Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung" (1924), seit 1951 "Verband für Arbeitsstudien Refa e.V."

gliederungsschema[1] eine Zeitstudie. (Wie diese Istzeitmessung theoretisch abläuft, zeigt Übersicht 3.)

Aus Vereinfachungsgründen wird nicht auf die spezielle Untergliederung der Rüstzeit, Grundzeit und Verteilzeit eingegangen. In dem in Übersicht 3 gegebenen Schema sind sowohl in t_g als auch in t_v und t_r alle diese prozeßbedingten Zeitelemente des Refa-Systems subsummiert.

Bei den Verfahren vorbestimmter Zeiten, die in ihren theoretischen Grundlagen in Kapitel (223) kurz charakterisiert wurden, werden die zu untersuchenden industriellen Arbeitsprozesse in von den einzelnen Verfahren vorgegebene Arbeits- und Bewegungselemente zerlegt.[2] Diesen Elementen sind unter Berücksichtigung von Einflußfaktoren für intervallfixe Bewegungsentfernungen Analysenzeitwerte in Tabellenform vorgegeben.

Diese sogenannten Ausführungszeiten manueller Tätigkeiten der Bewegungselemente werden zur Gesamtzeit aufsummiert. Übersicht 4 stellt den schematischen Ablauf bei den SvZ dar.

In $\sum_{j=1}^{m} t_{M_{Pj}}^{(i)}$, der prozeßbedingten Maschinenzeit und sonstigen Zeitanteilen, sind alle die Zeiten erfaßt, die mit den SvZ nicht zu bestimmen sind, da sich die SvZ-Zeit nur auf den manuellen Tätigkeitsbereich bezieht.

---

1) Vgl. Das Refa-Buch, Zweiter Band, a.a.O., S. 12.
2) Vgl. SANFLEBER, H., Untersuchungen über die Summierbarkeit von Elementarzeiten, a.a.O., S. 1.

2242. Überblick über die SvZ

Seit der Konzipierung des ersten geschlossenen Systems im Jahre 1924 haben sich eine Reihe von Systemen vorbestimmter Zeiten etabliert, deren eingehende Analyse im Rahmen der dieser Arbeit zugrunde liegenden Zielsetzung zu weit führen würde. Der Übersichtlichkeit wegen sei jedoch ein systematischer Überblick über Namen und Entwicklung gegeben[1] (Übersicht 5).

Nach einer von uns durchgeführten Untersuchung über Anwendung und Bekanntheitsgrad der Systeme vorbestimmter Zeiten[2] ist festgestellt worden, daß von den in Übersicht 5 angegebenen Verfahren das Work-Factor- und das MTM-System die Bekanntesten sind. Auch die Literatur befaßt sich fast ausschließlich mit WF und MTM.

---

1) Vgl. auch BARNES, R.M., Motion and Time Study, 5. Aufl., New York 1963, S. 478; Verfahren vorbestimmter Zeiten hrsg. von H. Pornschlegel, Band 8/9 der Arbeits- und betriebskundlichen Reihe, Köln 1968, S. 237; QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Das Work-Factor Buch, München 1965, S. 16.

2) Vgl. BRINK, H.J. und FABRY, P., Die Systeme vorbestimmter Zeiten und ihre Bedeutung für die betriebliche Planung in deutschen Unternehmungen, in: ZfB, 40. Jg. (1970), S. 533-546, hier S. 537.
Die Ergebnisse sind insofern von Interesse, da dadurch das Hauptgewicht dieser hier vorliegenden Untersuchung sich auf die beiden am meisten praktizierten Systeme verlagern kann und die anderen noch existierenden Systeme nur zu Vergleichszwecken herangezogen werden brauchen.
Es sei weiterhin auf die in der oben erwähnten Arbeit durchgeführte Unterteilung der Systeme vorbestimmter Zeiten in "Überbetriebliche Verfahren", "Sonderverfahren", "Betriebsinterne Verfahren" und "Abgeleitete verkürzte Verfahren" hingewiesen.

Übersicht 3: Schematische Darstellung des Refa-Systems (Istzeitmessung)

Unterteilung des Arbeitsprozesses in Teilprozesse Pj : j = 1 ... m	Istzeitmessung der Grundzeit multipliziert mit dem Leistungsgrad	t_{Nj}	$t_{v_{pj}}$	$t_{a_{pj}}$	$t_{r_{pj}}$	T_{pj}
	$\overset{(i)}{t_{g_{ij}}} \cdot \overset{(i)}{\lambda_{ij}}$					
1	$\left[\overset{(i)}{t_{g11}} \times \overset{(i)}{\lambda_{11}}\right] + \left[\overset{(i)}{t_{g21}} \times \overset{(i)}{\lambda_{21}}\right] + \left[\overset{(i)}{t_{g31}} \times \overset{(i)}{\lambda_{31}}\right] + \ldots\ldots\ldots + \left[\overset{(i)}{t_{gn1}} \times \overset{(i)}{\lambda_{n1}}\right]$	$\frac{\sum_{i=1}^{n} t_{gi1}^{(i)} \cdot \lambda_{i1}}{n_{ij}}$				
2	$\left[\overset{(i)}{t_{g12}} \times \overset{(i)}{\lambda_{12}}\right] + \left[\overset{(i)}{t_{g22}} \times \overset{(i)}{\lambda_{22}}\right] + \left[\overset{(i)}{t_{g32}} \times \overset{(i)}{\lambda_{32}}\right] + \ldots\ldots\ldots + \left[\overset{(i)}{t_{gn2}} \times \overset{(i)}{\lambda_{n2}}\right]$	$\frac{\sum_{i=1}^{n} t_{gi2}^{(i)} \cdot \lambda_{i2}}{n_{ij}}$				
3	$\left[\overset{(i)}{t_{g13}} \times \overset{(i)}{\lambda_{13}}\right] + \left[\overset{(i)}{t_{g23}} \times \overset{(i)}{\lambda_{23}}\right] + \left[\overset{(i)}{t_{g33}} \times \overset{(i)}{\lambda_{33}}\right] + \ldots\ldots\ldots + \left[\overset{(i)}{t_{gn3}} \times \overset{(i)}{\lambda_{n3}}\right]$	$\frac{\sum_{i=1}^{n} t_{gi3}^{(i)} \cdot \lambda_{i3}}{n_{ij}}$				
⋮	⋮	⋮				
j	⋮	⋮	$\sum_{j=1}^{m} t_{v_{pj}}$		$\sum_{j=1}^{m} t_{r_{pj}}$	
⋮	⋮	⋮				
m	$\left[\overset{(i)}{t_{gim}} \times \overset{(i)}{\lambda_{im}}\right] + \left[\overset{(i)}{t_{g2m}} \times \overset{(i)}{\lambda_{2m}}\right] + \left[\overset{(i)}{t_{g3m}} \times \overset{(i)}{\lambda_{3m}}\right] + \ldots\ldots\ldots + \left[\overset{(i)}{t_{gnm}} \times \overset{(i)}{\lambda_{nm}}\right]$	$\frac{\sum_{i=1}^{n} t_{gim}^{(i)} \cdot \lambda_{im}}{n_{ij}}$				

$$\sum_{j=1}^{m} Pj = \sum_{j=1}^{m} \frac{\sum_{i=1}^{n} t_{g_{ij}} \cdot \lambda_{ij}}{n_{ij}} = t_{N_{Pj}} + \sum_{j=1}^{m} t_{v_{pj}} = t_{a_{pj}} + \sum_{j=1}^{m} t_{r_{pj}} = T_{pj}$$

Gesamtarbeitsprozeß

in % von t_g

Erklärung der Kurzzeichen zu Übersicht 3

P_j	Teilprozeß eines Arbeitsganges $j = 1 \ldots m$
$\sum_{j=1}^{m} P_j$	Gesamtarbeitsprozeß
$t_{g_{ij}}^{(i)}$	Istgrundzeit der effektiven Zeitmessung des Teilprozesses j $j = 1 \ldots m$
$\lambda_{ij}^{(i)}$	Geschätzter durchschnittlicher Istleistungsgrad des Teilprozesses j
$t_{N_{pj}}$	Normalzeit des Gesamtarbeitsprozesses
$\sum_{j=1}^{m} t_{V_{pj}}^{(\%)}$	Verteilzeit des Gesamtarbeitsprozesses $j = 1 \ldots m$ gemessen in % der Grundzeit (t_g)
$t_{a_{pj}}$	Ausführungszeit des Arbeitsprozesses
$t_{r_{pj}}$	Rüstzeit des Gesamtarbeitsprozesses
T_{pj}	Gesamtzeit des Gesamtarbeitsprozesses

Übersicht 4: Schematische Darstellung der Systeme vorbestimmter Zeiten

Unterteilung des Arbeitsprozesses in Bewegungsgrundelemente und Untergruppen	Analysenschreibweise zum Ablesen des Tabellenwertes		Manueller Tätigkeitszeitwert	Verteilzeit in % der Grundzeit	Prozeßbed. Maschinenzeit + sonstige t	Ausführungszeit des Prozesses	Rüstzeit des Prozesses	Vorgabezeit des Gesamtprozesses
Bewegungselemente b_i	Zurückgelegter Weg D_{b_i}	$j=1\ldots n$ Einflußgrößen $E_{b_{ij}}$	incl. Leistungsgradschätzung $\bar{t}_{b_i}^{(p)} = t_{N_i}^{(p)}$	$t_{v_{pj}}^{(i)}$ (%)	$t_{M_{pj}}^{(i)}$	$t_{a_{pj}}$	$t_{r_{pj}}$	T_{pj}
b_1	D_{b_1}	$E_{b_{1j}}$	$\bar{t}_{b_1}^{(p)}$					
b_2	D_{b_2}	$E_{b_{2j}}$	$\bar{t}_{b_2}^{(p)}$					
			$\bar{t}_{b_3}^{(p)}$	$+\sum_{j=1}^{m} t_{v_{pj}}^{(i)}$ (%)	$+\sum_{j=1}^{m} t_{M_{pj}}^{(i)}$ (%)		$+\sum_{j=1}^{m} t_{r_{pj}}$	
b_m	D_{b_m}	$E_{b_{mj}}$	$\bar{t}_{b_m}^{(p)}$					

SvZ-Analyse $\Longrightarrow$ $\sum_{j=1}^{m} \bar{t}_{b_i}^{(p)} + \sum_{j=1}^{m} t_{v_{pj}}^{(i)}$ (%) $+ \sum_{j=1}^{m} t_{M_{pj}}^{(i)} = \sum_{j=1}^{m} t_{a_{pj}} + \sum_{j=1}^{m} t_{r_{pj}} = \sum_{j=1}^{m} T_{pj}$

in % der Grundzeit

Erklärung der Kurzzeichen zu Übersicht 4

b_i	Bewegungsgrundelement der Art i i = 1 ... m
D_{b_i}	Zurückgelegter Weg beim Bewegungselement i
E_{b_i}	Einflußgröße, die das Bewegungselement der Art i beeinflußt
$\overline{t}^{(p)}_{b_i}$	Vorbestimmte (geplante) Zeit des Bewegungselementes i
$t^{(p)}_{N_i}$	Normalzeit des Bewegungselementes i

Übersicht 5: Systematischer Überblick über die Systeme vorbestimmter Zeiten

Verfahren	Kurzzeichen	Urheber	Entsteh. Jahr	Gewinnung der Daten	Fußnoten Literaturstellen
Motion Time Analysis	MTA	A.B. Segur	1924	Bewegungsbilder Kymograph	vgl. SEGUR, A.B., Motion-Time-Analysis, in: Handbuch des Industrial Engineering, Teil IV, Berlin-Köln-Frankfurt, o.J., S. 159-185.
System von Holmes		W.G. Holmes	1938	Nicht bekannt	Vgl. HOLMES, W.G., Applied Time and Motion Study, New York 1938.
System von Engstrom		H. Engstrom	1938	Zeitstudien, Bewegungsbilder von Industriearbeiten, Studien in Labors	Vgl. BARNES, R.M., Motion and Time Study, 2. Aufl., New York 1940, vgl. auch 4. Aufl., New York 1958 und 5. Aufl., New York 1963.
Work-Factor	WF	J.H. Quick W.J. Shea R.E. Koehler	1938	Zeitstudien, Bewegungsbilder von Industriearbeiter, Bewegungsstudien mit Stroboskop	Vgl. QUICK, J.H., SHEA, W.J., KOEHLER, R.E., Motion Time Standards, in: Factory Management and Maintenance, Vol. 103 (1945), S. 97-108.
Methods Time Measurement	MTM	H.B. Maynard G.J. Stegemerten J.L. Schwab	1940	Zeitstudien, Bewegungsstudien mit Film	Vgl. MAYNARD, H.B., STEGEMERTEN, G.J., and SCHWAB, J.L., Methods-Time-Measurement, New York-Toronto-London 1948.
Elemental Time Standard for Basic Manual Work		Western Electric Company	1942	Kymograph, Bewegungsstudien mit Film, Elektrische Zeitmessung t = 0.0001	Vgl. SCHAEFER, H.G., Establishing Time Values by Elementary Analysis, in: Proceedings Tenth Time and Motion Study Clinic, IMS, Chicago November 1946, S. 21-27.
Basic Motion Time Study	BMT	G.B. Bailey R. Presgrave J.A. Lowdon	1951	Labor Versuche	Vgl. BAILEY, G.B., PRESGRAVE, R., Basic Motion Timestudy, New York 1958.
Dimensional Motion Times	DMT	H.C. Geppinger	1953	Zeitstudien, Bewegungsstudien mit Film, Laborversuche	Vgl. GEPPINGER, H.C., Dimensional Motion Times, New York 1955; die erste Veröffentlichung hierüber war: GEPPINGER, H.C., New Motion Time Method Defined, in: Iron Age, Vol. 171 (1953), S. 106-108.
System von Schlaich		K. Schlaich	1967	Laborversuche und kritischer Zusammenbau der Vorteile der SvZ, WF und MTM	Vgl. SCHLAICH, K., Vergleich von beobachteten und vorbestimmten Elementarzeiten manueller Willkürbewegungen bei Montagearbeiten, Berlin-Köln-Frankfurt 1967 (auch Dissertation TH Darmstadt 1967).

Da die Grundverfahren in ihren Anwendungsregeln und Analysenvorschriften sehr starr und komplex sind, führt die Anwendung dieser Verfahren zumindest bei Kleinserien zu einer automatischen Stückkostenerhöhung, da die dem Produktionsprozeß vorgelagerten produktionsvorbereitenden Arbeiten erheblich verteuert werden.[1] Um schnelle und auch kostenoptimale Zeitanalysenverfahren für unterschiedliche Seriengrößen zu erhalten, wurden sogenannte "abgeleitete" Systeme aus den Grundverfahren der SvZ entwickelt. Unseres Erachtens ist gerade auf diesem Sektor die Entwicklung noch nicht zum Stillstand gekommen, da im Zuge der von den Betrieben geforderten Schnelligkeit und Flexibilität der Zeitermittlungsverfahren von Jahr zu Jahr immer wieder neue Richtzeitwertkataloge aus den SvZ entwickelt werden.

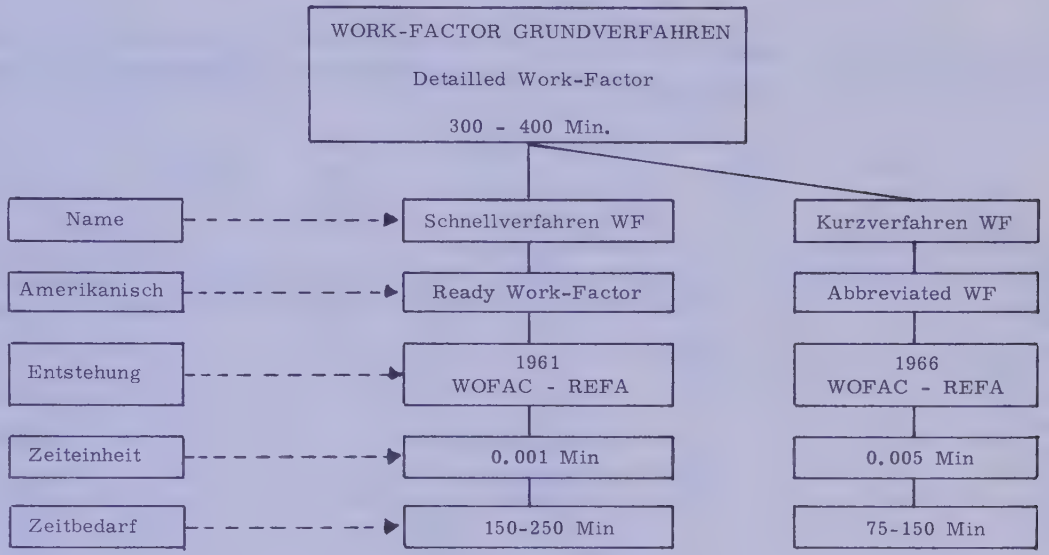
Durch diese sogenannten "verkürzten" Verfahren werden die Kosten für eine Zeitanalyse weiter gesenkt.

Einen Überblick über die Systemherkunft dieser "verkürzten" Verfahren sollen die Übersichten 6 und 7 geben.

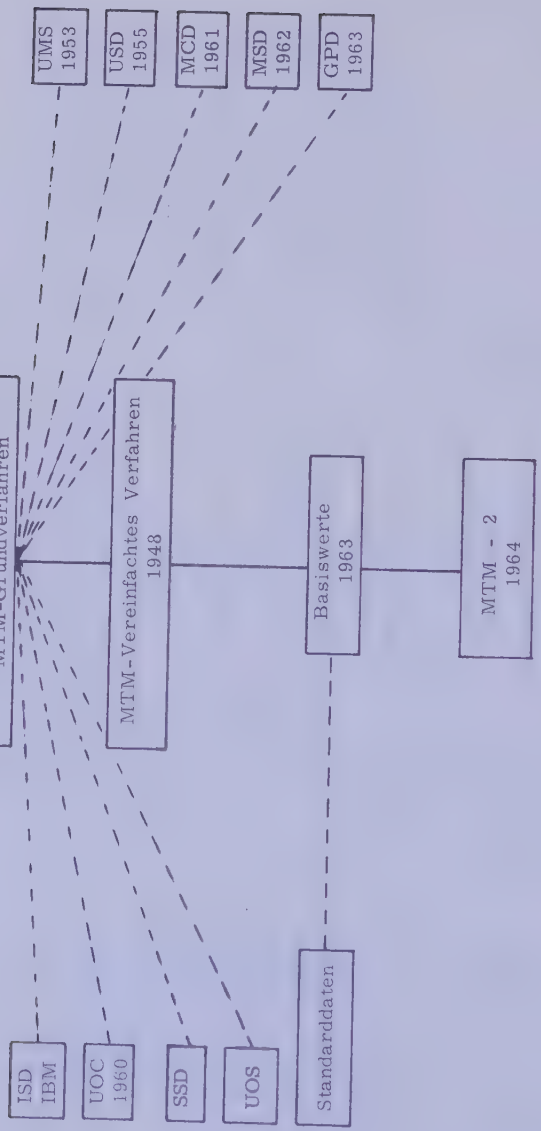
Was den Rationalisierungseffekt durch Systemverkürzung anbetrifft, so scheint Work Factor, da es zwei Unterverfahren hat, die universell anwendbar sind, weiter fortgeschritten zu sein als die anderen SvZ, wohingegen aus dem MTM-Verfahren eine Reihe Verfahren entwickelt wurden, die betriebsbezogener

1) Vgl. FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Das Work-Factor-Schnellverfahren, in: Refa-N., 16. Jg. (1963), S. 10-18, hier S. 10.

Übersicht 6: Die von Work-Factor abgeleiteten Verfahren

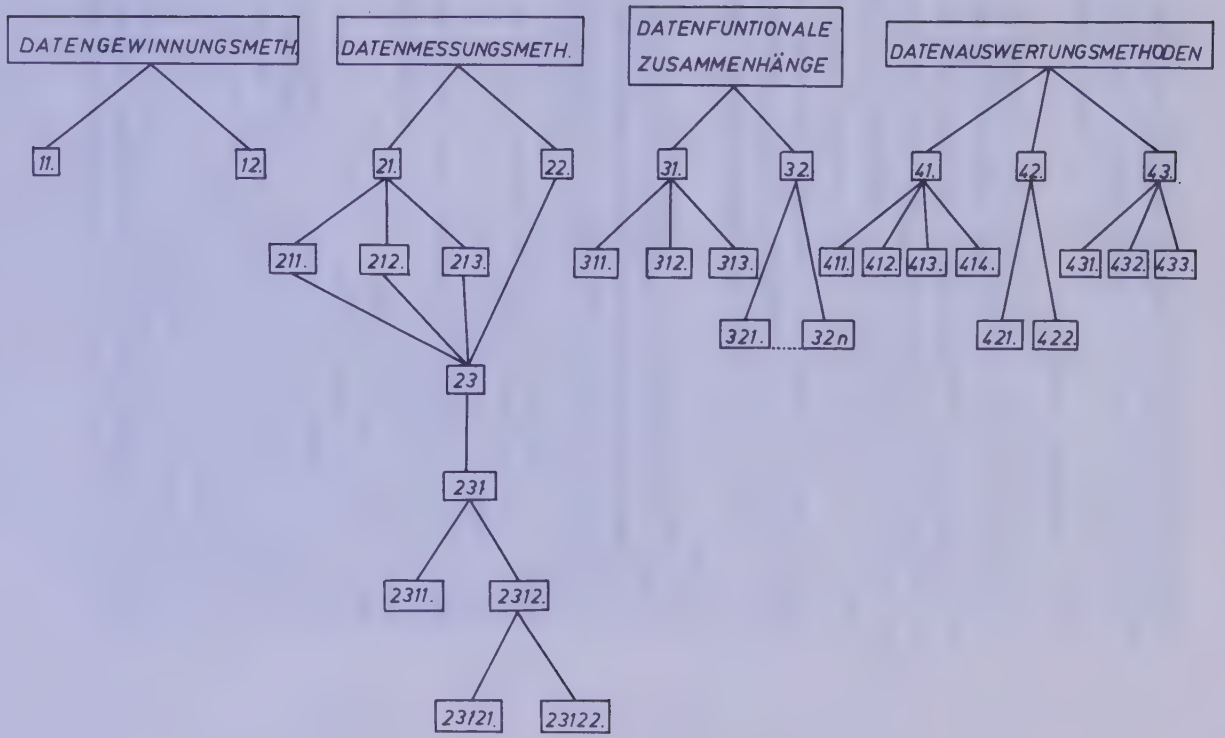


Übersicht 7: Die von MTM abgeleiteten Verfahren



ÜBERSICHT: 8

Basisdatengewinnung



arbeiten und den Anwendungsspielraum[1] deshalb stark begrenzen.

2243. Basisdatengewinnung

Aus Übersicht 8 geht die Gewinnung der Daten hervor. Da die hier vorliegende Arbeit nicht zum Ziele hat, Datailbeschreibungen aller bestehenden SvZ zu geben, hat der Verfasser versucht, die Basisdaten und das Vorgehen bei der Grundlagenforschung kurz zu systematisieren.

Im Prinzip kann man davon ausgehen, daß alle bestehenden SvZ von gleichen Grundüberlegungen ausgegangen sein müssen

---

1) Dies geht vor allem aus den in Übersicht 7 aufgeführten Systembezeichnungen hervor. Hier handelt es sich zum Teil um firmeneigene Standardsysteme und zum anderen Teil um Einengungen auf bestimmte Spezialbereiche, vgl. auch Verfahren vorbestimmter Zeiten, hrsg. von H. Pornschlegel, a.a.O., S. 237;
UMS = Universal Maintenance Standards,
USD = Universal Standard Data,
MCD = Master Clerical Data,
MSD = Master Standard Data,
GPD = General Purpose Data,
ISD = IBM Standard Daten,
UOC = Universal Office Controls,
SSD = Singer Standard Daten,
UOS = Unilever Standard Daten;
vgl. auch CROSSAN, R.M., NANCE, H.W., Master Standard Data, New York-Toronto-London 1962; ZIMMER, H.R., Einführung in MTM-Standard-Zeitwerte (MTM-GPD), in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 58. Jg. (1963), S. 575-580; HODSON, W.K., MATTERN, W.J., Universelle Richtwerte, in: Handbuch des Industrial Engineering, Teil XII, hrsg. von H.B. Maynard, a.a.O., S. 349-382; SAWALLA, F., MTM-Standard-Daten, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 287-295; HANFT, K.K., Das MTM-2-System, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61. Jg. (1966), S. 213-216.

und nur im Intensitätsgrad und der aus dem statistischen Urmaterial (wenn es existiert) gezogenen Schlußfolgerungen voneinander abweichen.

Um standardisierte Zeiten zu erhalten, müssen grundsätzlich vier Fragen[1)] beantwortet werden:

1. Wie können Daten gewonnen werden ? - Datengewinnung -
2. Wie können Daten gemessen werden? - Datenmessung -
3. Wie können Daten funktional zusammenhängen? - Datenfunktionale Zusammenhänge -
4. Wie und durch welche statistischen Methoden können Daten für allgemein gültige Schlüsse aussagefähig gemacht werden? - Datenauswertungsmethoden -

Hier soll noch kein Werturteil darüber gefällt werden, inwieweit dieser theoretische Weg von den einzelnen SvZ befolgt wurde und ob die aufgrund der Untersuchungen gewonnenen Daten korrekt ausgewertet wurden. Diese speziellen Aussagen sind späteren Kapiteln vorbehalten.

Übersicht 8 gibt einen schematischen Überblick über die Basisdatengewinnung.

---

1) Vgl. hierzu auch RAPHAEL, D.L., Bericht über die Forschungsmethoden, a.a.O., S. 1 ff.

1. Datengewinnungsmethoden

11. Laboruntersuchungen theoretischer Arbeitsvorgänge in Form von Bewegungsauflösungen (Einzelelementenanalyse und komplexe Vorgänge)

111. Vorteile von Laborversuchen

1111. Schnelle und einfache Problemeinrichtung durch Simulation theoretischer und praktischer Arbeitsvorgänge.

1112. Laboruntersuchungen sind nicht an den Arbeitstakt gebunden und beeinflussen deshalb den Arbeitsfluß nicht nachteilig.

1113. Industriellen Arbeitsvorgängen äquivalente, theoretisch richtige und praktisch sinnvolle Umgebung kann hierdurch geschaffen werden.

1114. Unterbrechung des Arbeitsvorganges ist jederzeit möglich. Er kann jeweils neu begonnen und eingerichtet werden.

1115. Gewünschte Bewegungen können theoretisch eingebaut und analysiert werden.

1116. Rationalisierungseffekt kann durch Paralleluntersuchungen gleicher Arbeitsvorgänge nach arbeitstechnischen Gesichtspunkten schon früher erkannt werden.

1117. Intensivierung nicht sofort offenkundiger Probleme ist durch laufende Wiederholung möglich.

112. Nachteile von Laboruntersuchungen

1121. Daten aus Laboruntersuchungen können ein falsches Bild tatsächlicher industrieller Arbeitsvorgänge widerspiegeln.

1122. Aus Laborversuchen abgeleitete Normalzeiten können deshalb fragwürdig werden.

1123. Da aus Laboruntersuchungen gewonnene Daten den Zufallscharakter echter Industriearbeitsvorgänge vermissen lassen, können solche Daten an Praktikabilität verlieren. Standardzeitwerte sollen nämlich auf Zufallsauswahlen von Bewegungen und Einflußfaktoren basieren.

1124. Realistische Verteilungen mit relativ geringer Standardabweichung können aufgrund der großen Anzahl der möglichen Bewegungskombinationen, wie sie bei industriellen Arbeitsprozessen auftreten, nicht mit genügend statistischer Sicherheit aus Laborversuchen gewonnen werden.

12. Untersuchungen an Hand praktischer Arbeiten in industriellen Prozessen

121. Vorteile

Die Vorteile von 12. sind gleich den Nachteilen von 11. und werden hier nicht gesondert aufgeführt.

122. Nachteile

Hier gilt das gleiche wie unter 121. gesagt. Die Nachteile von 12. sind gleich den Vorteilen von 11.

2. Datenmessungsmethoden

21. Zeitmeßgeräte

211. Elektrische Zeitmeßgeräte

212. Kymographen

213. Stroboskopische Geräte

22. Filmaufnahmen

Hierbei müssen folgende Punkte eindeutig festgelegt sein:

221. Die Länge des zu filmenden Arbeitsganges

222. Die Geschwindigkeit der Aufnahmekameras

23. Minimalanforderungen an Datenmessungsmethoden

231. Technische Angaben und Minimalerfordernisse[1)]

2311. Individuelle arbeiterbezogene personelle Einflußfaktoren

Hierunter sind die Einflüsse zu verstehen, die durch personelle Unterschiede auf die Zeitkomponente wirken, wie z.B.:

a) Erfahrung des Arbeiters

b) Geschlecht

c) Alter

d) Gewicht

e) Länge

f) körperliche Konstitution

g) persönliche Engagement

h) Leistungsfähigkeit und Leistungswille

2312. Sachliche, betriebsmittelbezogene und werkstoffbezogene Einflußfaktoren

23121. Arbeitsprozeßbedingte Faktoren

1. Genaue Abgrenzung des Arbeitsprozesses

2. Detailanalyse des verwandten Werkstückes

21. Abmessungen

22. Material

23. Gewicht

---

1) Vgl. RAPHAEL, D.L., Bericht über die Forschungsmethoden, a.a.O., S. 4.

3. Verwandte Werkzeuge und ihre genaue Charakterisierung
4. Maschineneinsatzanalyse
   41. Abmessungen, wenn nötig
   42. Mindest-, Höchst- und Optimalgeschwindigkeiten
   43. Arbeitsprozeßbedingte Analyse der Einsatzart

23122. Arbeitsplatzbedingte Faktoren
1. Wichtige notwendige Abmessungen und Distanzen
2. Untersuchung arbeitsphysiologisch optimaler Arbeitsplatzvorrichtungen
3. Griffgestaltung und Folge am Arbeitsplatz

3. Datenfunktionale Zusammenhänge
   31. Weg-Zeit-Funktionsgesetz von Bewegungen
      311. Unterteilung in Arbeitsstufen, Griffe, Griffelemente und Bewegungsfolgen
      312. Lage der Weg-Zeit-Beziehung und die Untersuchung der Beziehungen zwischen Bewegungselementen und der zurückzulegenden Entfernung
      313. Erstellen der hierfür relevanten Weg-Zeitfunktion
   32. Untersuchung der für die Weg-Zeitfunktion wichtigen Einflußgrößen[1)]

---

1) Es ließen sich hier noch eine Reihe von Einflußgrößen aufführen, was jedoch sehr weit führen würde. Es kann mithin festgestellt werden, daß die Bewegungszeit eine äußerst komplexe Größe darstellt.
Generell kann behauptet werden, daß die Bewegungszeit t_{B_i} eine Funktion der zurückgelegten Entfernung D_{b_i} und

- Fortsetzung -

321. Zurückgelegter Weg
322. Sich ändernde Geschwindigkeit beim Bewegungsablauf
323. Der Bewegungsanfangs- und Endpunkt
324. Das bewegte Körperteil
325. Die Art der Bewegung (z.B. Hand, Arm)
326. Die Arbeitsbedingungen
327. Gewicht oder Widerstand
328. Bewegungskontrolle
329. Bewegungen mit und ohne Sichtverbindungen

(Fortsetzung der Fußnote 1) von S. 51)
der beeinflussenden Faktoren $E_1 \ldots E_n$ ist:

$$t_{B_i} = f_i\,(D_{b_i},\ E_1,\ E_2 \ldots E_n)$$

Die E_j ihrerseits können in subjektive und objektive Einflußgrößen unterteilt werden. Da durch die Einbeziehung subjektiver Faktoren die Systeme an Praktikabilität zu leiden hätten, gilt es, diese Subjektivfaktoren zu eliminieren.
In der quantitativen Bestimmung von objektiven Einflußfaktoren weichen die SvZ voneinander ab.
Dies zeigt sich schon in der Gegenüberstellung von MTM und Work-Factor. Während MTM die Einflußgrößen unter den allgemeinen Regeln und Definitionen bestimmter Regeln des Analysierens subsummiert, nennt Work-Factor eindeutig die von WF untersuchten Haupteinflußgrößen: Körperteil, Zurückgelegter Weg, Gewicht oder Widerstand und Kontrolle über die Bewegung. Es sei zwar bekannt, so Stier, daß die Zeit einer Bewegung auch noch von anderen Faktoren abhinge, jedoch seien diese vier die wichtigsten.
Vgl. hierzu STIER, F., Bewegungsabläufe und Arbeitsbelastung bei Anwendung von Systemen vorbestimmter Zeiten, Manuskript eines Vortrages, gehalten am 10.10.1965 vor IG Chemie, Papier, Keramik.

4. Datenauswertungsmethoden

41. Statistische Grundlagen

411. Annahme der Grundgesamtheit

412. Stichprobenauswahl

413. Verteilungsfunktion

414. Beste und dem tatsächlichen industriellen Prozeß angenäherte Schätzung der Grundgesamtheitsparameter

42. Mindestforderungen an statistische Auswertungsmethoden

421. Hinreichend genaue und genügende Messungen der Hauptdimensionen, Zeit und Entfernung, müssen gegeben sein.

422. Statistische Auswertungsmethoden müssen Sekundärinformationen als Abfallprodukt hervorbringen. [1]

43. Statistische Methoden als Entscheidungsträger [2]

431. Festlegen der für die speziellen Untersuchungen relevanten Signifikanzzahl

432. Statistische Testverfahren zur Prüfung von im

---

1) Unter Sekundärinformationen sollen hier z.B. Fälle, wie die Untersuchung von Bewegungen, die gleichzeitig ausgeführt werden, oder solche Untersuchungen über Bewegungen, die der gerade analysierten Bewegung vor oder nachgelagert sind und vom gleichen Körperteil ausgeführt werden, verstanden werden. Einflüsse durch Sekundärinformationen auf die Zeitkomponente können schon vor Untersuchungsbeginn durch eine systematische und vollständige Beschreibung der Bewegungszusammenhänge zum größten Teil eliminiert werden.
Jedes zeitbeeinflussende Element, das durch Analysieren von Bewegungskombinationen hinzukommt und in normalen Arbeitsprozessen überhaupt nicht auftritt, würde nämlich die analysierten Zeitergebnisse erheblich verfälschen.

2) Vgl. hierzu KREYSZIG, E., Statistische Methoden und ihre Anwendungen, 3. Aufl., Göttingen 1968.

Rahmen der untersuchten Funktionalität gemachten Hypothesen

433. Regressions- und Korrelationsanalysen zur Bestimmung der Distanz-Zeitfunktion.

Die Aufzählung dieser Punkte sollte das grundlegende Vorgehen beim Aufstellen von Zeitstandards verdeutlichen. Das Schema soll das Wichtigste umreißen und erhebt keinen Anspruch auf unbedingte Vollständigkeit. Es kann noch beliebig erweitert werden.

Vor allem die Punkte 3 und 4 dieser Übersicht sind nicht eindeutig nachzuvollziehen, da von den SvZ kein Grundlagenmaterial veröffentlicht worden ist. Sollten die SvZ jedoch, was auch behauptet wird, theoretisch fundiert sein, so muß das Erstellen von Zeitstandards in dieser Art abgelaufen sein.

2244. Bewegungsgrundelemente und Arbeitsverrichtungen

Eine weitere Differenzierung erfahren die SvZ durch ihre Unterteilung der Bewegungsgrundelemente. Da diese Unterteilung jedoch auf den von Gilbreth entwickelten "Therbligs" beruht, hält es der Verfasser für sinnvoll, diese in die Systematik der SvZ zu übernehmen. Diese sogenannten Bewegungsgrundelemente ermöglichen ein rationelles Zerlegen des Arbeitsablaufes in kleinste Teilelemente. Aus Übersicht 9 erkennt man die Konzentrierung der aus den "Therbligs" abgeleiteten Bewegungsgrundelemente und Arbeitsverrichtungen am

Übersicht 9: Bewegungsgrundelemente und Arbeitsverrichtungen der SvZ

Therbligs	MTA	Work-Factor	Engstrom	MTM	BMT	DMT	Schlaich
1. Hinlangen 2. Transportieren	Bewegen Hinlangen Transportieren	Bewegen Hinlangen Transportieren	Bewegen Hinlangen	Hinlangen Bringen	Bewegen Hinlangen Transportieren	Bewegen Hinlangen	Hinlangen
		Handdrehung		Drehen	Drehen	Drehen der Hand	
3. Greifen	Greifen	Greifen	Greifen	Greifen	Ist in Hinlangen enthalten	Greifen	Greifen
4. Vorrichten	Vorrichten	Vorrichten	Vorrichten			Vorrichten	Bringen u. Vorrichten
5. Fügen	Fügen	Fügen Montieren Anlegen	Fügen	Fügen Einfügen Anfügen	In-Lage-Bringen ist in Transportieren enthalten	In die richtige Lage bringen	Montieren
6. Ausführen	Ausführen	Ausführen	Ausführen	Ausführen			
7. Auseinandernehmen	Auseinandernehmen	Demontieren		Trennen			Sonderbewegung Demontieren
8. Loslassen	Loslassen	Loslassen	Loslassen	Loslassen		Loslassen	Ist in montieren enthalten
9. Prüfen	Das Element Prüfen kann sich mit anderen Elementen bei MTA überschneiden. Es kann jedoch nie ausgeschaltet werden.	Geistige Vorgänge Augen einstellen Reagieren Prüfen		Blick verschieben Prüfen	Augenbewegungszeit	Augen einstellen	
		Widerstand überwinden		Drücken	Drücken	Drücken	
10. Suchen	Suchen						
11. Auswählen	Auswählen						
12. Halten	Ausgeschaltet						
13. In eine bestimmte Lage bringen	In Lage bringen		Ablegen				
14. Unvermeidbare Verzögerung	Unvermeidbare Verzögerung						
15. Vermeidbare Verzögerung	Vermeidbare Verzögerung						
16. Planen	In anderen enthalten						
17. Ausführen							
	Gehen	Gehen		Gehen	Gehen	Gehen	
		Fußbewegung		Fußbewegung	Fußbewegung		
		Beinbewegung		Seitenschritt	Beinbewegung		
		Rumpfbewegung		Körperdrehung	Körperdrehung	Körperdrehung	

besten.[1] Charakteristisch für die SvZ ist, daß die "avoidable" und "unavoidable delays" nicht mehr wie bei Gilbreth in die Systeme einbezogen werden, sondern nur noch additiv in Erscheinung treten und so einen echten Vergleich mit dem Refa-Zeitmeßverfahren von vorneherein erschweren.[2]

Um eine genaue Beschreibung des Arbeitsprozesses zu geben, sind die Bewegungsgrundelemente in den einzelnen Verfahren jeweils in die Bestandteile des Bewegungsablaufes, in Unterelemente, aufgegliedert.

Zur Verdeutlichung sei hier die Unterteilung des Work-Factor Systems angegeben (vgl. Übersicht 10). Die Unterteilung der übrigen SvZ könnte in analoger Weise zu Übersicht 10 dargestellt werden. Die in Übersicht 10 angegebenen Gliederungspunkte haben folgende Bedeutung:

---

1) Bei Übersicht 9 lehnen wir uns an HAMDY, Mostafa, HAMDY, Ahmed, Beitrag zur Kritik der Verfahren vorbestimmter Zeiten, a.a.O., S. 24 ff und SCHLAICH, K., Unterschiede zwischen dem WF- und dem MTM-Verfahren, in: Refa-N., 18. Jg. (1965), S. 72-78, an, jedoch ohne diese genau zu übernehmen, da die dargestellte Form eine vollständige Umgruppierung nötig machte, um vergleichen zu können.
Die Bewegungsgrundelemente der einzelnen Verfahren wurden aus der hierfür maßgebenden Literatur abgeleitet (vgl. Übersicht 5).

2) Vgl. KAMINSKY, G., SCHMIDTKE, H., Arbeitsablauf- und Bewegungsstudien, in: Grundlagen des Arbeits- und Zeitstudiums, fünfter Band, München 1960, S. 105.

Systematik der Standardelemente und Untergruppenelemente nach Work-Factor[1)]

1. Bewegen
   11. Hinlangen
   12. Transportieren
2. Greifen
   21. Einfache Griffe
      211. Kontaktgriff
      212. Zufassungsgriff
      213. Umfassungsgriff
   22. Mehrfach-Griffe
      221. Schiebegriff
      222. Kantengriff
      223. Trennungsgriff
   23. Komplizierte Griffe
      231. Griffe aus Haufen
         2311. Visuelles Greifen
         2312. Blindes Greifen
   24. Spezialgriffe
      241. Wechselgriff
      242. Greifen einer bestimmten Anzahl
      243. Greifen einer unbestimmten Anzahl
3. Vorrichten
   31. Vorrichten mit einer Hand
      311. Vorrichten kleiner Teile
      312. Vorrichten normaler Teile
      313. Vorrichten mittelgroßer Teile

---

1) Die Begriffe wurden entnommen aus: QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLIN, J.A., Das Work-Factor-Buch, a.a.O., S. 52-186; zur Deutung der Begriffsinhalte vgl. dieselben Stellen.

32. Vorrichten mit beiden Händen
    321. Vorrichten mittelgroßer Teile
    322. Vorrichten großer Teile
4. Fügen
    41. Montieren
        411. Tasten
        412. Aufrichten
        413. Drehen
        414. Einstecken
        415. In Endlage bringen
    42. Anlegen
        421. Tasten
        422. Aufrichten
        423. Drehen
        424. Einstecken
        425. In Endlage bringen
5. Ausführen
6. Demontieren
    61. Aus der Endlage bringen
    62. Kraftaufbau
    63. Kraftabbau
    64. Auslaufbewegung
7. Loslassen
    71. Kontakt lösen
    72. Zufassung lösen
    73. Umfassung lösen
8. Geistige Vorgänge
    81. Augenbewegungen
        811. Augen einstellen
        812. Augen drehen
    82. Reagieren

83. Prüfen
    831. Qualität
    832. Quantität
    833. Art
84. Rechnen
85. Lesen
    851. Optischer Lesevorgang
    852. Reflektierendes Lesen

Charakteristisch für einen Vergleich der Bewegungsgrundelemente ist z.B., daß die Work-Factor Standardelemente aus einer einzigen Bewegung oder einer Bewegungskombination bestehen, während das MTM-System zwischen Elementarbewegungen, zusammengesetzten Bewegungen und Hilfsbewegungen unterscheidet. [1)]

2245. Bestimmung der Zeitkomponenten aus den Tabellen

Auch in der Bestimmung der für einen Arbeitsprozeß notwendigen Zeit gehen die Systeme in gleicher Weise vor. Deshalb kann auch dieser Punkt systematisiert werden.

Wesentlichste Prämisse für die Bestimmung der Gesamtzeit des Prozesses ist hier jedoch die von den SvZ vertretene Additivitätsthese.

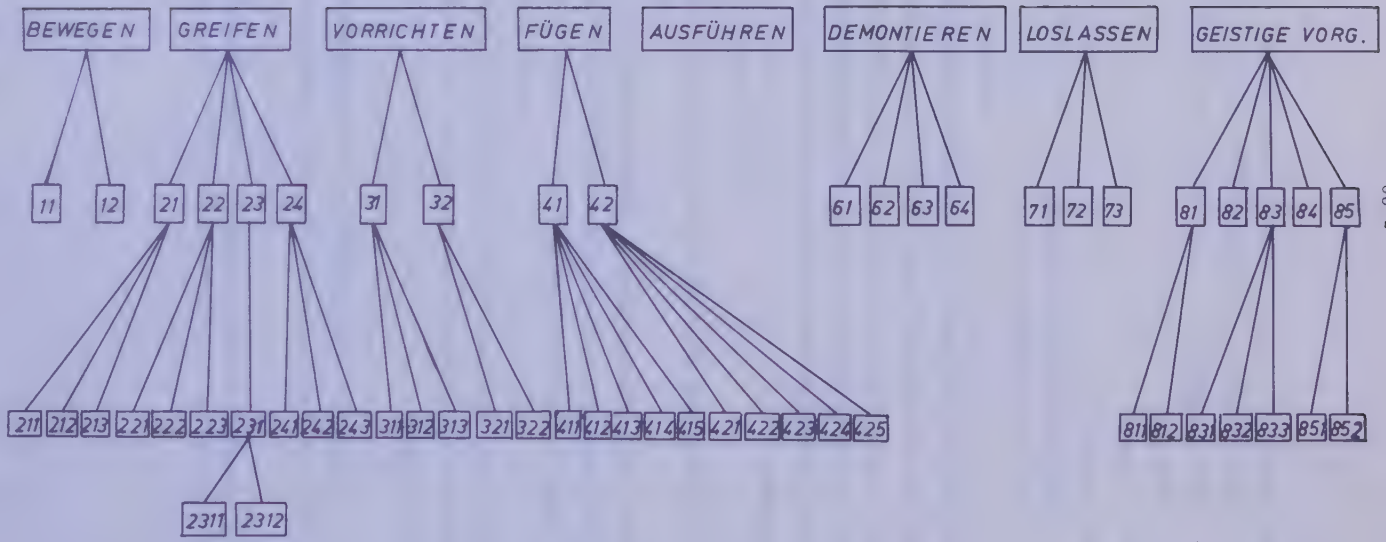
Für die in Kapitel 2244. aufgeführten Bewegungsgrundelemente sind Tabellenzeiten vorhanden, die einmal die funktionale Ab-

---

1) Vgl. HAMDY, Mostafa, HAMDY, Ahmed, Beitrag zur Kritik der Verfahren vorbestimmter Zeiten, a.a.O., S. 28.

ÜBERSICHT: 10

„Standardelemente" nach Work-Factor



hängigkeit zwischen der Bewegungszeit bestimmter Körperteile und der für den Arbeitsvorgang zu analysierenden Entfernung und zum anderen die Abhängigkeit dieser Beziehung und der bestimmten hiermit verbundenen Schwierigkeitsgrade widerspiegeln sollen.

Die Elementarschritte: Bewegungsanalyse, Koordination der Analyse und Addition der hierfür abgelesenen Zeiteinheiten, sind bei allen Verfahren gleich. [1)]

Ein wesentlicher Unterschied besteht zwischen dem Work-Factor-Verfahren und den anderen Verfahren vorbestimmter Zeiten. Während Work-Factor die Zeitwerthöhe durch eindeutige festgelegte "Work-Factors"[2)] bestimmt, geben die anderen Verfahren nur Verbalerklärungen für den zusätzlichen Zeitbedarf. Durch die klare Definition der "Work-Factors" ist dieses Verfahren in der Lage, den Bewegungsablauf zu fixieren und eingehender zu analysieren. Durch Verbalerklärungen werden dem Analytiker aber subjektive Interpretationsmöglichkeiten an die Hand gegeben. Vergleicht man z.B. Work-Factor und MTM gerade in diesem Punkt, so stellt man fest, daß Work-Factor die Einflußgrößen in "analytisch-quantitative"

---

1) Vgl. SCHLAICH, K., Unterschiede zwischen dem WF- und dem MTM-Verfahren, a.a.O., S. 72.

2) Unter den "Work-Factors" versteht man ... "a unit used as the index of additional time required over and above the basic time when motions are performed involving the following variables", während die Grundbewegung wie folgt definiert ist: ;A basic motion is defined as that motion which involves the least amount of difficulty or precision for any given distance and body member combination". Vgl. hierzu BARNES, R.M., Motion and Time Study, a.a.O., S. 493.

Funktionen zu fassen sucht, während MTM eine Synthese aus "summarisch-qualitativer" und "analytisch-quantitativer" Methode anstrebt.[1)]

225. Prioritäten bei der Untersuchung der synthetischen Verfahren

An dieser Stelle muß man sich fragen, ob bei einer kritischen Betrachtung der Praktikabilität von Fertigungszeitplanungssystemen es unbedingt notwendig ist, alle hier aufgezählten Modelle zu durchleuchten, oder ob man sich auf eine Auswahl der interessantesten beschränken kann.

Unseres Erachtens kann die Detailanalyse aller bestehender Zeitplanungssysteme unterbleiben, da

1. die Grundlagen und Ausgangsüberlegungen fast bei allen SvZ gleich sind und
2. der Bekanntheitsgrad bestimmter Verfahren sehr gering ist.

---

1) Vgl. SCHLAICH, K., Unterschiede zwischen dem WF- und dem MTM-Verfahren, a.a.O., S. 72.
"Da fast alle Regeln des WF-Verfahrens Maßgrenzen definieren, sind sie immer zwingende Regeln." ... "Darin liegt das Bestechende, für manche geradezu Faszinierende des WF-Verfahrens, daß es für fast alle praktisch auftretenden Bewegungsfälle Regeln gibt, die eine eindeutige und (mindestens anscheinend) richtige Analyse garantieren".
Da Schlaich in seinem "neuen System vorbestimmter Zeiten" eine Synthese aus Vor- und Nachteilen besonders der beiden Verfahren WF und MTM bringt, kombiniert mit eigenen Untersuchungen, nähert er sich, was die Zeiterhöhungskomponenten anbetrifft, dem WF-Verfahren.

Was die Anwendung in der Industrie angeht, so hat unsere Umfrage[1] zumindest für Deutschland eindeutig ergeben, daß weder das MTA, das BMT, das DMT noch das System von Schlaich eine weitergehende Anerkennung gefunden haben.[2]

Auch wenn man davon ausgehen muß, daß die von uns durchgeführte Untersuchung nicht als repräsentativ für die gesamten

---

1) Vgl. BRINK, J.H. und FABRY, P., Die Systeme vorbestimmter Zeiten, a.a.O.

2) Vor allem sollen die Systeme MTA, Holmes und Engstrom aus der Betrachtung ganz eliminiert werden, da sie keine Verbesserungen und Bereicherungen in bezug auf die Anwendung bringen. Obwohl z. B. das MTA-System anfangs zur Vorgabezeitermittlung konzipiert worden war, zeigte die praktische Anwendung, daß bei ungenügender Genauigkeit bei der Kontrolle der einzelnen Bewegungsabläufe die mit den Zeitstudien vergleichbare Genauigkeit nicht verbessert wurde. Vgl. SEGUR, A.B., Motion-Time-Analysis, a.a.O., S. 163.
Auch die eingehende Analyse des DMT, BMT und Schlaich'schen Systeme soll insofern unterbleiben, als diese Systeme nur zu Vergleichszwecken herangezogen werden. Es sei hier jedoch auf eine von den übrigen Systemen abweichende charakteristische Definition des BMT-Systems hingewiesen, und zwar der Definition der Grundbewegung. Hier wurde vor allem dem Endpunkt einer Bewegung grundsätzliche Bedeutung zuerkannt. Von einer Grundbewegung wird bei BMT dann gesprochen, wenn ein Körperteil, der sich in Ruhe befand, sich bewegt und wieder zur Ruhe kommt. Durch diese Definition kann BMT die Schwierigkeiten aufeinander folgender und ineinander übergehender Bewegungen umgehen. Vgl. PRESGRAVE, R., BAILEY, G.B., Basic Motion Timestudy, in: Handbuch des Industrial Engineering, Teil IV, Berlin-Köln-Frankfurt o.J. (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 143-158, hier S. 145.
Die Schwierigkeit liegt unseres Erachtens in der Definition der Dauer der Ruhezeit, die, extrem gesehen, unendlich klein sein kann.

deutschen Industriebetriebe sein kann, so hätte gerade bei der von uns ausgewählten Befragungsgruppe (nämlich Firmen, die schon in irgendeiner Weise mit den Systemen vorbestimmter Zeiten konfrontiert wurden) ein hoher Bekanntheitsgrad aller von uns erwähnten SvZ erwartet werden müssen. Dies war jedoch, wie Tabelle 1 zeigt, nicht der Fall.

Tabelle 1: Bekanntheitsgrad der SvZ

Verfahren	Bekanntheitsgrad in %
MTM-Grundverfahren	77.0
Work-Factor-Grundverfahren	67.0
MTM-Standarddaten	58.5
Work-Factor-Kurzverfahren	56.7
Work-Factor-Schnellverfahren	49.1
MTM-Vereinfachtes Verfahren	47.4
MTM-2 Verfahren	34.7
System von Schlaich	22.0
Dimensional Motion Times DMT	8.5
Motion Time Analysis MTA	7.6
Basic Motion Time Study BMT	6.8
System von Engstrom	3.4
System von Holmes	0.9
Andere Verfahren (z.B. UMS, ISD)	16.95

Wir beschränken uns deshalb bei unseren Untersuchungen hauptsächlich auf die beiden bekanntesten Verfahren (WF und MTM) und behandeln nur gelegentlich die übrigen Verfahren. Tendenziell dürften die aus den beiden zu behandelnden Systemen gezogenen Schlußfolgerungen ebenfalls auf die anderen Systeme vorbestimmter Zeiten angewandt werden können.

3. Kritische Würdigung der Verfahren vorbestimmter Zeiten für die betriebliche Planung

Nachdem wir uns in den vorangegangenen Kapiteln mit den theoretischen Grundlagen der in der Industrie angewandten Zeitplanungssysteme befaßt haben, wenden wir uns im folgenden der speziellen Analyse dieser Systeme und der Untersuchung der sich hinter den Systemen verbergenden Hypothesen zu. Insbesondere soll hierbei die Praktikabilität berücksichtigt werden.

31. Die Bedeutung der Fertigungszeit für die Fertigungsplanung

Was das unternehmerische Verhalten anbetrifft, so wird in der Literatur vielfach angenommen - ganz gleich ob es sich um marktorientierte oder auftragsorientierte[1] Betriebe handelt -, daß diese sich nach dem erwerbswirtschaftlichen Prinzip in der Ausgestaltung des Gewinnmaximierungsprinzips[2] ausrichten.

In Mehrproduktbetrieben durchlaufen die verschiedenen Pro-

---

1) Vgl. GUTENBERG, E., Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Erster Band, a.a.O., S. 197.

2) Die gewinnmaximale Zielsetzung muß nicht notwendigerweise die primäre in betriebswirtschaftlichen Untersuchungen sein. Um sich in die Problematik von Zielsetzungen einzulesen, vgl. HAX, H., Bewertungsprobleme bei der Formulierung von Zielfunktionen, a.a.O., S. 749; GÜMBEL, R., Nebenbedingungen und Varianten der Gewinnmaximierung, in: ZfhF, 15. Jg.(1963), S. 12-21; GÜMBEL, R., Die Bedeutung der Gewinnmaximierung als betriebswirtschaftliche Zielsetzung, in: BFuP, 16. Jg. (1964), S. 71-81; HAX, H., Rentabilitätsmaximierung als unternehmerische Zielsetzung, in: ZfhF, 15. Jg. (1963), S. 337-344.

duktarten x_i ($i = 1, \ldots, m$) in der Regel mehrere Arbeitsgänge $j = 1, \ldots, n$ hintereinander.

Die Grenzselbstkosten eines gefertigten Produktes ergeben sich

$$k_i = \left[e_{m_i} \left(1 + \frac{dm}{100}\right) + \sum_{j=1}^{n} t_{ij} \cdot d_j \right] \left(1 + \frac{d_{VuV}}{100}\right)$$

e_{m_i} = Einzelmaterialkosten

dm = Materialgemeinkostenzuschlag

t_{ij} = Fertigungszeit der Produktart i im Arbeitsgang j

d_j = Kalkulationssatz des Arbeitsganges j

d_{VuV} = Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkostenzuschlag

Der Gewinn nach dem Umsatzkostenverfahren auf Grenzkostenbasis ergibt sich damit aus

$$G = \sum_{i=1}^{m} x_i (p_i - k_i) - K_F \longrightarrow \text{Max !}$$

Dieser Gewinn ist unter Beachtung der betrieblichen Teilkapazitäten der einzelnen Arbeitsgänge zu maximieren:

$$T_j \geqslant \sum_{i=1}^{m} t_{ij} \; x_i \qquad (j = 1, \ldots, n)$$

Diese Darstellung soll folgendes deutlich machen:
Ein wesentlicher Bestandteil der Kosten k_i ist die Summe der bewerteten Fertigungszeiten

$$\sum_{j=1}^{n} t_{ij} \; d_j$$

Die gleichen Fertigungszeiten treten als Elemente der Prozeßmatrix in LP-Ansätzen zur Bestimmung gewinnmaximaler Fertigungsprogramme auf. Der exakten Planung dieser Fertigungszeiten kommt daher eine erhebliche Bedeutung zu; insbesondere dann, wenn neue Produkte in das Fertigungsprogramm aufgenommen werden sollen.

In dieser übergeordneten Zielsetzung ist inhärent die oft für betriebswirtschaftliche Untersuchungen relevante Zielsetzung der Kostenminimierung enthalten. [1)]

Unter der Prämisse eines konstanten Gesamterlöses, was gleichbedeutend mit der Annahme ist, daß weder Absatzmengen noch Absatzpreise die betrieblich relevanten Entscheidungen beeinflussen können, ist die isolierte Betrachtung der Kostenseite des betrieblichen Prozesses der Leistungserstellung gerechtfertigt.

Im System der betrieblichen Teilpläne nimmt neben dem Absatzplan der Fertigungsprogrammplan eine zentrale Stellung ein. Durch ihn werden die Herstellkosten und damit auch der Kostenplan beeinflußt. Da als Zielgröße Gewinnmaximierung unterstellt wurde, wird durch die eingehende Analyse der Kostenseite die Zielgröße erheblich beeinflußt.

Unter der Fertigungsprogrammplanung wird "das Entwerfen

---

1) Vgl. HENN, R., KÜNZI, H.P., Einführung in die Unternehmensforschung II, Berlin, Heidelberg, New York 1968, S. 9. "Dieses Minimumproblem kann man durch ähnliche Überlegungen lösen wie das Maximumproblem."

einer Ordnung für den zukünftigen Vollzug von wirtschaftlichen Handlungen unter Verwendung bestimmter örtlich gebundener Sachmittel in bestimmter zeitlicher Reihenfolge" (verstanden, der Verfasser), "wobei dieses zeitlich geplante wirtschaftliche Geschehen a priori gesetzte Handlungsmaximen möglichst weitgehend erfüllen soll". [1)]

Ziel der Fertigungsprogrammplanung ist "die termingerechte, kostenoptimale Erstellung der geplanten Absatzmengen unter Berücksichtigung aller bestehenden Interdependenzen und Restriktionen des Fertigungsbereichs". [2)]

Die Fertigungszeiten sind neben dem Fertigungsprogrammplan sowohl für die Fertigungsbereitstellungsplanung als auch insbesondere für die Fertigungsablaufplanung in Verbindung mit Terminplanung und Maschinenbelegungsplanung von entscheidender Bedeutung.

Aus der Aufgabenstellung und Zielsetzung dieser Pläne ergibt sich notwendigerweise der Rahmen für die Überprüfung der Zeitplanungssysteme.

Wesentlicher Faktor bei der Analyse dieser Fertigungspläne und auch der Kostenpläne ist mithin die Zeitkomponente.

Soll ein optimales Fertigungsprogramm erstellt werden, so wird gefordert, daß die Fertigungskosten bekannt sein müssen

1) Vgl. HOSS, K., Fertigungsablaufplanung mittels operationsanalytischer Methoden, Würzburg-Wien 1965, S. 2.
2) Vgl. KILGER, W., Planungsrechnung und Entscheidungsmodelle, a.a.O., S. 67.

da in den zu bestimmenden Bruttogewinnen die Fertigungskosten neben den Erlösen enthalten sind.[1)]

32. Definition der Fertigungszeit

Die SvZ sind von ihrer Struktur her gesehen Systeme, die nur für manuelle Tätigkeitsanalysen geeignet sind. Dies bedingt eine Umformulierung des Globalzeitbegriffes im Sinne Refas in einen für die SvZ geeigneten Zeitbegriff. Zur Fertigstellung eines Produktes braucht man Produktionsfaktoren, die von Beginn der Produktion bis zu ihrem Ende den Vollzug der Produktionsleistung gewährleisten. Die Fertigungszeit kann demnach von Zeitgruppen beeinflußt werden, die

1. vom Produktionsfaktor "Menschliche Arbeit" abhängen. Hier unterscheiden die SvZ sogenannte Bewegungszeiten t_{A1}, verursacht durch Inanspruchnahme bestimmter Körperteile, und Reaktionszeiten zur Analyse geistiger Prozesse t_{A2}.[2)] $t_A = t_{A1} + t_{A2}$
2. vom Produktionsfaktor "Betriebsmittel" abhängen = t_B. Hierunter sollen z.B. Maschinenzeiten verstanden werden. Diese Maschinenzeiten sind nur in sehr engen Grenzen durch den Menschen zu beeinflussen.
3. von den gewählten oder zwingend notwendigen Werkstoffen abhängen, t_w. Diese Zeiten werden z.B. durch unterschiedliche Härtegrade und Gewichte von Metallen beeinflußt. Hieraus kann eine Verringerung der Schnittgeschwindigkeit oder Verlängerung von Transportwegen resultieren.

---

1) Vgl. GUTENBERG, E., Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Erster Band, a.a.O., S. 433.
2) Vgl. QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Das Work-Factor Buch, a.a.O., S. 37.

Man kann also generell festhalten, daß die Fertigungszeit T_F

$$T_F = \sum_{A=1}^{A^*} t_A + \sum_{B=1}^{B^*} t_B + \sum_{w=1}^{w^*} t_w$$

ist.

Im weiteren Ablauf der Untersuchung über die Zeitplanungssysteme, insbesondere der SvZ, werden t_B und t_w als gegeben unterstellt. Von Interesse ist demnach nur noch der Zeitanteil der Fertigungszeit, der vom Produktionsfaktor "menschliche Arbeit" zu beeinflussen ist.

Dies wird vor allem deshalb unterstellt, weil die SvZ, wie schon erwähnt, aufgrund ihrer Konstruktion (Aufteilung und Analyse von Bewegungselementen) nur in der Lage sind, manuelle Arbeitsvorgänge quantitativ zu erfassen. Auch aus der Systemdefinition geht dieser Tatbestand eindeutig hervor: "The primary purpose of a predetermined-elemental-time system is to provide the user with a practical technique by means of which all manual work can be measured correctly and with a minimum of judgment."[1)]

---

1) Vgl. SCHWAB, J.L., Methods-Time Measurement, in: Industrial Engineering Handbook, hrsg. von H.B. Maynard, First Edition, Section 4, New York-Toronto-London 1956, S. 42; vgl. auch QUICK, H.J., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Das Work-Factor-Buch, a.a.O., S. 19:
Der Ausdruck Work-Factor wurde geprägt, um das Ziel des Systems, nämlich die Analyse und Erfassung von Arbeitsfaktoren, zu charakterisieren, die die Zeit für die Ausführung manueller Bewegungen beeinflussen.

Alle, von technischen Daten oder sonstigen vom Menschen unbeeinflußbaren Faktoren, abhängenden Zeiten werden, wie schon oben erwähnt, bei der sich anschließenden Betrachtung als gegeben unterstellt und ergeben sich größtenteils aus bekannten gut zu planenden Faktoren, wie z.B. der Maschinendrehzahl und Laufzeit der Maschine pro Arbeitsprozeß oder dem Härtegrad verwandter Werkstoffe usw. Bei der Betrachtung sollten im wesentlichen die im Refa-System[1)] enthaltenen Zeitbegriffe verwandt werden, um eine Vergleichsbasis zu schaffen.

Untersucht werden soll die Zeit pro Einheit (Stück).
Die Rüstzeit ist, falls es sich hierbei um Bewegungszeiten handelt, mit Hilfe der SvZ zumindest zum Teil zu analysieren. Da sie jedoch bei Serienfertigung in der Regel nur einmal auftritt, kann sie bei der Betrachtung der Zeit pro Einheit vernachlässigt werden. Nach Refa setzt sich die Auftragszeit T wie folgt zusammen:

$$T = t_r + t_a \qquad (1)$$

$$= t_{r_g} + t_{r_v} + t_a \qquad (2)$$

$$= t_{r_g} + t_{r_v} + t_g + t_v \qquad (3)$$

$$= t_{r_g} + t_{r_v} + t_h + t_n + t_v \qquad (4)$$

$$= t_{r_g} + t_{r_v} + \left[t_{b_h} + t_{u_h}\right] + \left[t_{b_n} + t_{u_n}\right] + t_v \qquad (5)$$

Die Auftragszeit pro Einheit:

---

1) Vgl. Das Refa-Buch, Zweiter Band, a.a.O., S. 12.

$$t = \left(t_{r_g} + t_{r_v} \right) + \frac{1}{S} \left(t_{b_h} + t_{u_h} + t_{b_n} + t_{u_n} + t_v \right) \quad (6)$$

Es soll nun die Auftragszeit pro Einheit für das Produkt i am Arbeitsplatz j bestimmt werden, um an Hand dieser Gleichung zu untersuchen, welche Zeitfaktoren in die mit den SvZ zu analysierende Fertigungszeit einbezogen werden können.

t_{r_g}	Rüstgrundzeit
t_{r_v}	Rüstverteilzeit
S	Seriengröße
t_{b_h}	beeinflußbare Hauptzeit
t_{u_h}	unbeeinflußbare Hauptzeit
t_{b_n}	beeinflußbare Nebenzeit
t_{u_n}	unbeeinflußbare Nebenzeit
t_v	Verteilzeit

Die oben angeführte Beziehung beinhaltet dem Arbeitsvorgang sowohl direkt zurechenbare als auch nicht direkt zurechenbare Größen. Sowohl die Dauer der Verteilzeiten als auch der Zeitpunkt ihres Auftretens ist außerdem noch eine Zufallsvariable.

Analysiert man die Gleichung in bezug auf die Definition der Systeme vorbestimmter Zeiten als Verfahren manueller Tätigkeitszeitmessung, so ist nur ein relativ kleiner Teil der Fertigungszeit, nämlich nur der in Bewegungszeiten auszudrückende und vom Menschen zu beeinflussende Zeitanteil, mit den SvZ zu analysieren. Es sind dies die beeinfluß-

baren Haupt- und Nebenzeiten, sofern es sich um reine Bewegungszeiten handelt.

Die restlichen Zeitanteile, die nicht Bewegungszeiten im Sinne der SvZ sind, werden mit herkömmlichen und allgemein bekannten Verfahren der Istzeitstudien (wie z.B. Refa und Multimoment) analysiert. Die Gleichung für t kann also wie folgt erweitert werden:

$$t = t_{r_{g_{ij_{SvZ}}}} + t_{r_{g_{ij_{ZS}}}} + t_{r_{v_{ij_{ZS}}}} + \frac{1}{S}\left(t_{b_{h_{ij_{SvZ}}}} + t_{b_{h_{ij_{ZS}}}} + t_{u_{h_{ij_{ZS}}}} + t_{b_{n_{ij_{SvZ}}}} + t_{b_{n_{ij_{ZS}}}} + t_{u_{n_{ij_{ZS}}}} + t_{v_{ij_{ZS}}}\right)$$

$t_{b_{h_{ij_{SvZ}}}}$ beeinflußbare Hauptzeit für i am Arbeitsplatz j, die mit den SvZ gemessen werden kann.

$t_{b_{h_{ij_{ZS}}}}$ beeinflußbare Hauptzeit für i am Arbeitsplatz j, die nur mit anderen Verfahren, wie z.B. der Zeitstudie, gemessen werden kann.

33. Planung von Vorgabezeiten mit den SvZ

Zentrales Problem jedes Zeitbestimmungssystems ist die Anerkennung der mit diesem System zu erreichenden Ergebnisse.

Die Systeme vorbestimmter Zeiten scheinen, gerade was die Planung von Zeiten anbetrifft, ein geeignetes Instrument hierfür zu sein.

Sie machen die direkte Präsenz am zu analysierenden Arbeitsplatz nicht unbedingt erforderlich und bieten hiermit eine weitgehende Unabhängigkeit von der Dispositionsvariablilität des Arbeiters, d.h. dem Faktum, daß der Arbeiter nicht täglich gleichermaßen gut physisch und psychisch belastbar ist. [1]

Geht man von den Prämissen der synthetischen Verfahren der Fertigungszeitplanung aus, nämlich

1. der jederzeit möglichen Zerlegung jedes Arbeitsvorganges in bestimmte Bewegungsgrundelemente,
2. der Zuordnungsmöglichkeit von vorbestimmten, d.h. überbetrieblich für alle Arbeitsvorgänge allgemeingültigen Zeitwerten zu den Grundelementen und
3. der These, daß aus der Addition der Einzelzeiten die Gesamtzeit eines Bewegungsvorganges resultiert,

so wäre das Instrument der SvZ, vorausgesetzt eine richtige und wissenschaftlich nachprüfbare Grundkonzeption läge vor, geeignet, als Zeitplanungsinstrument herangezogen zu werden.

Die Istanalyse würde der sollmäßigen Ermittlung der Zeitgröße weichen und damit geplante Lohnkosten schon vor Anlauf der Produktion festliegen. [2]

Für die praktische Anwendung eines Zeitplanungssystems, das nicht zuletzt auch den Lohn des Arbeiters beeinflußt, ist es deshalb besonders wichtig, eindeutig, klar, einfach,

---

1) Vgl. SCHMIDTKE, H., Kritische Bemerkungen zu den Systemen vorbestimmter Zeiten, in: afa-Informationen, 9/10 (1961), S. 126-133, hier S. 126.
2) Vgl. PAPPAS, F.G., Dimberg, R.A., Practical Work Standards, New York-Toronto-London 1962, S. 12.

nachprüfbar und verständlich zu sein. Die Kritik an den SvZ konzentriert sich deshalb in der Literatur vornehmlich auf folgende Punkte:

1. die Nichtveröffentlichung der theoretischen und praktischen Grundlagen;
2. die hieraus resultierende geringe Überprüfbarkeit der statistischen Basis der Tabellenzeitwerte;
3. die unzureichende Berücksichtigung physiologischer Gesetzmäßigkeiten bei Bewegungsabläufen;
4. die schwierige Überprüfbarkeit der in den SvZ enthaltenen Leistungsstandards (Leistungsgrad);
5. die übertrieben anmutende Meßgenauigkeit;
6. die Beweisbarkeit und Anerkennung der Additivitätshypothese;
7. die Transformation des Leistungsgradschätzens auf vorgelagerte Stufen, ohne zufriedenstellende Lösung.

Dieser verhältnismäßig nur geringe Katalog problematischer Faktoren läßt die Berechtigung erkennen, die den SvZ zugrunde liegenden Erkenntnisse anzuzweifeln und auf ihre Richtigkeit quantitativ und qualitativ zu überprüfen. Die Prüfung der Systemkorrektheit muß vor allem deshalb stattfinden, weil alle SvZ den Anspruch erheben, absolut betrachtet, das allein richtige System vorbestimmter Zeiten zu sein.

Da man jedoch bei keinem der bestehenden SvZ eine Kongruenz der Tabellenzeitwerte feststellen kann, besteht die große Schwierigkeit, eines dieser Systeme anzuerkennen.

Dieses eine System muß herausgefunden werden, um dem Betrieb ein Planungsinstrument zu bieten, das korrekte Planungen ermöglicht.[1] Da das Grundlagenmaterial nur sehr schwer, wenn überhaupt, zu erhalten ist, bleibt zunächst nur die Möglichkeit, alle SvZ in ihren Ergebnissen anzuzweifeln, um danach durch Systemprüfung ein Urteil über die Möglichkeit betrieblicher Anwendung zu fällen.[2]

Die Anwendung vorbestimmter Zeiten ist wegen der Unsicherheit über die Richtigkeit dieser Verfahren problematisch.

331. Grundlagenforschung und Problematik

Versucht man intensiv die statistische Basis der SvZ zu erforschen, so scheitert man an der Unkenntnis über die Ausgangsdaten. Die Kritik an dieser Tatsache ist deshalb nur zu gut zu verstehen.[3] Diese Verschleierungstaktik läßt zwei

---

1) Gerade in diesem Punkt hat unsere Untersuchung über die Anwendung der SvZ gezeigt, daß die Industriefirmen es begrüßen würden, wenn die verwirrende Vielzahl von angeblich gleich korrekten SvZ auf ein vertretbares Minimum reduziert würde.

2) Vgl. HAMDY, Mostafa, HAMDY, Ahmed, Beitrag zur Kritik der Verfahren vorbestimmter Zeiten, a.a.O., S. 76. Hamdy zweifelt die Prämissen der SvZ an, vor allem, was Verteilzeit und Umrechnungsfaktor betrifft.
Vgl. auch SCHMIDTKE, H., STIER, F., Der Aufbau komplexer Bewegungsabläufe aus Elementarbewegungen, Köln und Opladen 1960.

3) Einige Unklarheiten konnte der Verfasser erst über den Umweg eines ausgedehnten Schriftwechsels mit den amerikanischen Forschungsinstituten, dem Initiator des Work-Factor-Systems, Mr. J. Quick, dem Maynard Research Council, der Deutschen MTM Vereinigung und der Work-Factor-Gesellschaft Deutschland klären.
Starke Kritik an diesem Zustand üben z.B. Gomberg, der

- Fortsetzung -

Schlußfolgerungen zu:

1. Die Systeme vorbestimmter Zeiten basieren auf einem Grundlagenmaterial, das einer wissenschaftlichen Überprüfung nur sehr schwer, wenn überhaupt, standhält, oder
2. die Systeme vorbestimmter Zeiten umgeben sich deshalb mit dem Mantel der Geheimhaltung, weil durch Verkauf dieser Systeme ökonomische Vorteile erzielt werden und Schlußfolgerung 1 zutrifft. Erweist sich ein System jedoch als theoretisch unhaltbar, so wird auch der Absatz in Frage gestellt.

   Diese Ansicht wird auch dadurch erhärtet, daß die Systeme vorbestimmter Zeiten, hier Work-Factor und MTM, rechtlich geschützt sind und sehr oft von Beratungsfirmen in den Unternehmen eingeführt werden.

(Fortsetzung der Fußnote 3) von S. 76)
Deutsche Gewerkschaftsbund, Pornschlegel, Rehhahn u.a.; vgl. GOMBERG, W., A Trade Union Analysis, a.a.O., S. 220 und S. 241; vgl. auch Schreiben vom 22.12.1965 von H. Pornschlegel, Bundesschule des Deutschen Gewerkschaftsbundes, Bad Kreuznach:
"Literatur über die Grundlagenforschung ist nicht vorhanden. Es wird von der MTM-Gesellschaft behauptet, daß Unterlagen (Filme und Auswertungen) vorhanden seien und sicher aufbewahrt würden."
Vgl. auch PORNSCHLEGEL, H., BIRKWALD, R., Hohe Gewinne durch vorbestimmte Zeiten, in: Gewerkschafter, VIII (1965), S. 285-290, hier S. 289:
"Die Urwerte bleiben völlig im dunkeln. Dies ist für ein Verfahren, das wissenschaftlichen Kriterien genügen will, ein nicht zu reparierender Mangel für dessen Glaubwürdigkeit."
Rehhahn ist der Ansicht, daß "Wissenschaft (sei) eine Angelegenheit nachprüfbarer Tatsachen (sei d. Verf.) und nicht ideologischer Tiraden."
Vgl. REHHAHN, H., Kritik an "Work-Factor", in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaften und Fachberichte aus der sozialen Betriebspraxis, 15. Jg. (1961), S. 105-111, S. 135-140, S. 161-164, S. 179-181, S. 188-189, hier S. 106; SCHLAICH, K., Über die Bedeutung der Systeme vorbestimmter Zeiten im Arbeitsstudium, in: Refa-N., 18. Jg. (1965), S. 67-71, hier S. 70.

Gleichzeitig werden die SvZ von eigens hierfür gegründeten Dachorganisationen, die gleichzeitig Konkurrenten sind, gelehrt und in Lehrgängen ihre Anwendung verkauft.
Auch die Aversion der einzelnen SvZ gegen eine zu detaillierte Offenlegung und Kenntnis über die statistische Basis läßt dies vermuten.
Rehhahn ist der Ansicht,[1] daß die Zahlen deshalb geheimgehalten werden müssen, weil sonst die Gesellschaft nicht auf ihre Kosten käme.
Dieses Mißtrauen sollte unseres Erachtens von den Systemvertretern selbst abgebaut werden.

3311. Additivitätshypothese

Eine der Grundvoraussetzungen vorbestimmter Zeiten ist die Additivitätshypothese. Mit ihrer Anerkennung oder Ablehnung steht und fällt der praktische Wert dieser Systeme.

Die zu lösende Frage lautet: Ist es möglich, Arbeitsvorgänge in Einzelbewegungselemente zu zerlegen, diesen für bestimmte Entfernungsintervalle Zeitwerte zuzumessen und aus der Addition dieser Einzelzeiten die Gesamtzeit abzuleiten?

In diesem Punkt bestehen in der Literatur erhebliche Meinungsverschiedenheiten. Aus der Vielzahl der Stellungnahmen zu diesem Problem sollen einige diskutiert werden.

Schmidtke und Stier[2] vertreten die Ansicht, daß solche me-

1) Vgl. REHHAHN, H., Kritik an "Workfactor", a.a.O., S. 106.
2) Vgl. SCHMIDTKE, H., STIER, F., Der Aufbau komplexer Bewegungsabläufe, a.a.O., S. 6 und S. 63: Hier kommen Schmidtke und Stier bei eigenen experimentellen Versuchen zu Abweichungen von 10 %, die nach Auffassung der Verfasser bei einer Zufallswahrscheinlichkeit von $P < 0,1$ % doch sehr bedeutend seien.

chanistisch-statischen Denkmodelle, wie sie der Additivitätshypothese der SvZ zugrunde liegen, durch Forschungsergebnisse von Muskel-Neurophysiologie und Gestaltspsychologie zur komplexen Handlungsanalyse abgelehnt werden müssen. Ihrer Meinung nach müßten diese durch dynamisch-funktionelle Betrachtungsweisen ersetzt werden.

Diese Ansicht wird unter anderem von den Autoren dadurch untermauert, daß sie auf die von Ghiselli und Brown[1] durchgeführten Versuchsreihen hinweisen, die Abweichungen von + 5.5 % und - 12.7 % der untersuchten Arbeitsprozeßzeit zur aus Tabellen der SvZ errechneten Zeit aufzeigten.

Von den Kritikern der Additivitätshypothese wird außerdem die Tatsache bemängelt, daß Bewegungszeiten von vorhergehenden und nachfolgenden Bewegungen abhingen, "... a therblig's time is affected by the proceeding and following therblig and that the therblig times do not constitute an additive set".[2]

Dies kann jedoch nur dann akzeptiert werden, wenn, wie Abruzzi[3] interpretiert, "Actually, they (Ghiselli and Brown) emphasize, the individual works on the operation as a totality, which implies that each part of the operation affects all the other parts".

Besonders schwer wird die Additivität auch von der Überlegung

---

1) Vgl. GHISELLI, E., BROWN, C., Personnel and Industrial Psychology, New York 1948, zitiert nach SCHMIDTKE, H., STIER, F., Der Aufbau komplexer Bewegungsabläufe, a.a.O., S. 6.
2) Vgl. GOMBERG, W., A Trade Union Analysis, a.a.O., S. 237.
3) Vgl. ABRUZZI, A., Work Measurement, a.a.O., S. 125, 126.

getroffen, daß es bei ballistischen Bewegungen unter Umständen überhaupt nicht mehr möglich ist, exakte und korrekte Global- und Einzelzeiten zu gewinnen, da hier Bewegungseinzelelemente ineinander übergreifen und keine klar erkennbaren Bewegungsanfangs- und -endpunkte mehr zur Verfügung stehen.

Paradebeispiel ist hier die sportliche Übung, wie z.B. Kugelstoßen.[1] Ebenso wie die rein sachlichen werden auch intraindividuelle Argumente gegen die Additivitätshypothese vorgebracht. So warnt z.B. Schulte[2] vor einer zu starken Atomisierung, da sonst das Gesamtergebnis von einem hohen "Momentaneffekt" auf eine geringe Wirksamkeit gedrückt würde.

Eine Lösung dieses Problems kann unseres Erachtens jedoch nur durch eingehende praktische Versuche und Messungen erfolgen.

Für den Analytiker verblüffend bei der Additivitätshypothese ist die Tatsache, daß er durch die Additivität ein einfaches Instrument in Form von Bausteinen erhält. Hierdurch ist er in der Lage, seine Fertigungszeit aus Einzelanalysenzeiten synthetisch zusammenzusetzen.

Unserer Meinung nach besteht bei fast allen Untersuchungen zu diesem Problem immer die Schwierigkeit, die Diskussion dadurch zu präzisieren, daß man nicht allein den Abwei-

---

1) Vgl. STIER, F., Bewegungsabläufe und Arbeitsbelastung, a.a.O.; diese Ansicht wurde auch in Diskussionen mit verschiedenen Arbeitsstudienleuten bestätigt.
2) Vgl. SCHULTE, B., Eine kritische Betrachtung zum Bewegungsstudium, in: Arbeitswissenschaft, 3. Jg. (1964), S. 35-40, hier S. 35.

weichungsprozentsatz angibt, sondern auch die Anzahl der zu dieser Schlußfolgerung führenden Einzelanalysen in Verbindung mit der unterstellten statistischen Signifikanzzahl. Dieser Vorwurf gilt für beide Parteien, sowohl für die SvZ als auch ihre Kritiker, in gleicher Weise.

Der Verfasser hat sich deshalb zur Aufgabe gemacht, wenn schon nicht aufgrund praktischer Versuchsreihen, so doch zumindest bei den dafür zuständigen Stellen, nämlich den Begründern des Work-Factor Systems, nach der statistischen Stichhaltigkeit dieser Additivitätshypothese nachzuforschen. [1)]

Hierbei erschienen uns vor allem folgende Punkte von Bedeutung:

1. Es sollte herausgefunden werden, wieviel Einzelanalysen bei der Grundlagenforschung gemacht wurden, und zwar
   11. Einzelelementenanalysen,
   12. Kombinierte Analysen (komplexe Arbeitsvorgänge) und
   13. in welcher Branche diese Analysen durchgeführt wurden.
2. Wurde nach der statistischen Sicherheit gefragt, mit der festgestellt oder berechnet wurde, daß die Additivitätshypothese synthetischer Zeitplanungssysteme akzeptabel ist.

---

1) Zur Beantwortung dieser Fragen führte der Verfasser Gespräche und Schriftwechsel vor allem mit folgenden Personen: H. J. Quick, Wofac, Westboro USA; Ted Ulman, WOFAC, Senior Research Analyst, Westboro USA; Maynard Research Council, Pittsburgh USA; MTM-Vereinigung Hamburg; E.F. Kurz, Work-Factor-Gemeinschaft Darmstadt; vor allem der von H. J. Quick am 8. Juli 1969 im Rahmen der Veranstaltungen des Industrieseminars gehaltene Diskussionsvortrag an der Universität des Saarlandes trug zur Klärung einiger Unklarheiten wesentlich bei.

3. Wurde nach den Abweichungen zwischen Additivität und einer irgendwie gearteten Verknüpfung von Zeiteinzelelementen zur Gesamtzeit gefragt.
4. Sollte herausgefunden werden, anhand von wieviel Versuchen (hier z.B. bei Work-Factor) der Schluß gezogen wurde, daß eine additive Verknüpfung von Einzelelementen in Verbindung mit der Zeitkomponenten möglich ist.

Diese Beantwortung sollte die Diskussion abrunden und der Arbeitsvorbereitung ein Instrument an die Hand geben, Entscheidungen aufgrund von objektiver Datensammlung und Gegenüberstellung der Additivitätshypothesenbefürworter und -kritiker zu treffen.

Die Beantwortung dieser Fragen, die sowohl den Work-Factor- als auch den MTM-Vertretern gestellt wurden, war unbefriedigend. Insbesondere wurde zur statistischen Absicherung keine aussagefähige Stellungnahme gegeben. So wurde uns z.B. von der WOFAC (Work-Factor-Company) hierzu folgendes mitgeteilt:[1] "The time values were to be derived from time studies made in the normal working environment on all three shifts, so that experienced operators, using production machinery, hand tools, and production parts, were a fundamental requirement for all of the research studies." ... "The sums of the rated individual elemental motion times were to be adjusted to equal the rated total work cycle times, of which the elemental times were part. Thus, the concept of additivity of elemental times was already inherent in the design of the research studies."

1) Vgl. Schreiben von Ted Ulman, WOFAC USA, vom 25. September 1969.

Aus diesen Äußerungen geht eindeutig hervor, daß die Prüfung der Additivitätshypothese nicht im Sinne statistischer Anforderungen durchgeführt wurde, sondern daß vielmehr die Additivität schon im Modellansatz als richtig unterstellt wurde. Was Einzel- und kombinierte Analysen betrifft, so wurden von Work-Factor 17 000 Arbeitsprozeßstudien zur Prüfung von 4 650 Bewegungszeiten durchgeführt: "About 17.000 work studies of actual factory production operations were used to establish the basic validity of the motion time variations indicated by the original data of 4.650 motion times." Die Abstimmung der durch Bewegungszeiten erhaltenen Arbeitsprozeßzeiten wurde durch mehr als 30 000 solcher Vergleichsanalysen zwischen Stoppuhrzeitstudien und Bewegungszeitstudien durchgeführt.

Es muß auch hier festgestellt werden, daß bei der Erstellung der Werte mehr Gewicht auf die Praktikabilität gelegt wurde als auf die statistische Absicherung.

Keine der Antworten behandelte nämlich z.B. die statistische Sicherheit der Hypothese der Additivität.

Wegen der Komplexität der Bewegungskombinationen und der Vielzahl der Einzelelemente müßte die oben angeführte Analysenzahl auf ihre Aussagefähigkeit geprüft werden. Außerdem wäre zur Überprüfung die Stichprobenanzahl unbedingt notwendig. Die oben angeführten Globalzahlen müßten so differenziert werden, daß man den Bezug zur Anzahl der Einzelelementenuntersuchung ebenso wie zur Anzahl der komplexen Arbeitsvorgänge finden könnte, so daß die Anzahl bei vorgegebenen Eintrittswahrscheinlichkeiten alternativ nachvollzogen werden könnte.

Eine Aussage oben genannter Form kann nicht zu einer eindeutigen Schlußfolgerung führen. Die MTM-Vereinigung verweist vor allem auf die grundlegende Veröffentlichung von Maynard, Stegemerten und Schwab. [1] Die hierin veröffentlichten Daten sind jedoch genau so schlecht zu überprüfen, da sich auch hieraus keine nachprüfbaren Aussagen über die oben angeführten Probleme ableiten lassen.

Eine der intensivsten Untersuchungen der Additivitätshypothese wurde von Sanfleber[2] durchgeführt:
Aufgrund eigener Versuche, die nach statistischen Gesichtspunkten abgesichert und mit statistischen Prüfverfahren auf ihre Stichhaltigkeit untersucht wurden (χ^2-Test, T - Test, F - Test und Varianzanalysen), will Sanfleber eine Aussage darüber machen, ob eine Veränderung der Aufeinanderfolge der Bewegungselemente eine gleichbedeutende Veränderung der Elementarzeiten bedingt.

Ziel der Untersuchung war, eine sinnvolle Aussage darüber zu machen, inwieweit bei Arbeitsvorgängen, "die aus gleichartigen Bewegungselementen bestehen, die Ausführungszeit für das einzelne Bewegungselement von der Zusammensetzung des jeweiligs zugehörigen Bewegungszyklus abhängt". [3]

---

1) Vgl. Schreiben von Rita Carlson, Maynard Research Council, Pittsburgh, USA vom 21. Oktober 1969; hier wird insbesondere auf MAYNARD, H.B., STEGEMERTEN, G.J., SCHWAB, J.L., Methods-Time-Measurement, New York-Toronto-London 1948, verwiesen.
2) Vgl. SANFLEBER, H., Untersuchungen über die Summierbarkeit von Elementarzeiten, a.a.O., S. 29, 31f, 78 ff.
3) Vgl. SANFLEBER, H., Untersuchungen über die Summierbarkeit von Elementarzeiten, a.a.O., S. 100.

Mit anderen Worten soll der Komplexitätsgrad untersucht werden. Geht man von den theoretischen Grundlagen der SvZ aus, wie sie in Kapitel 223. und in Übersicht 4 dargestellt wurden, so handelt es sich bei den Tabellenzeiten um Mittelwerte.

Da bei den angegebenen Tabellenwerten sowohl Aussagen über die Varianz σ^2, als auch die Standardabweichung σ fehlen,[1] kann weder der absolute noch der relative Fehler ohne weiteres angegeben werden. Unseren Untersuchungen lag deshalb bei allen Grenzbetrachtungen als äußerste Grenze die 5 %ige Limitierung, d.h. $w = 0.95$ und $p = 1.96$, zugrunde.

Berechnung des relativen und absoluten Fehlers bei der Addition von Elementarzeiten

Prämissen:

1. Die Tabellenzeitwerte der SvZ sind Mittelwerte: $t_{B_{\bar{x}}}$
2. Jeder dieser Mittelwerte wird aus Zufallsvariablen errechnet.
3. Diese $t_{B_{\bar{x}}}$ gehören zu einer Grundgesamtheit mit dem Mittelwert $t_{B_{\hat{u}}}$.
4. Aufgrund des "Gesetzes der großen Zahlen" konvergiert der Stichprobenmittelwert bei $n \rightarrow \infty$ gegen den Parameter $\hat{u}$ und nach dem "zentralen Grenzwertsatz"[2] muß der Stichprobenmittelwert eine normal verteilte Zufallsvariable sein.

---

1) Vgl. SANFLEBER, H., Untersuchungen über die Summierbarkeit von Elementarzeiten, a.a.O., S. 165.
2) Vgl. MENGES, G., Grundriß der Statistik, a.a.O., S. 251.

5. Der zu analysierende Fehler wird hier in Analogie zur Gesamtuntersuchung durch eine 1.96 σ-Grenze festgelegt.

Kurzzeichen:

f_{a_i} = absolute Fehler des Bewegungsgrundelementes der Art i

f_{p_i} = relative Fehler des Bewegungsgrundelementes der Art i

$t_{B\bar{x}_i}$ = Bewegungszeitmittelwert des Grundelementes der Art i

p_i = 1.96 bei w = 0.95

$\frac{\sigma_i^2}{N_i}$ = Varianz des Grundelementes der Art i

Folgerungen für die Fehlerberechnung:

$$t_{b\bar{x}_i} \pm f_{a_i} = t_{B\bar{x}_i} \pm f_{p_i}\, t_{B\bar{x}_i} = t_{B\bar{x}_i} \pm \frac{p \cdot \sigma_i}{\sqrt{N_i}} \qquad (1)$$

Hieraus folgt für den absoluten Fehler:

$$f_{a_i} = \pm \frac{p \cdot \sigma_i}{\sqrt{N_i}} \qquad (2)$$

Für den relativen Fehler eines Elementarzeitwertes erhält man:

$$f_{p_i} = \pm \frac{p \cdot \sigma_i}{t_{B\bar{x}_i} \sqrt{N_i}} \qquad (3)$$

Berechnung des relativen und absoluten Fehlers bei der Addition der Elementarzeiten

Aus (2) und (3) folgt für die Addition der Einzelelementarzeiten für den relativen Fehler:

$$\sum_{j=1}^{i^*} f_{p_i} = f_{p_{i^*}} = \pm p \sum_{i=1}^{i^*} \frac{\sigma_i}{t_{B\bar{x}_i} \cdot \sqrt{N_i}} \qquad (4)$$

und für den absoluten Fehler:

$$\sum_{i=1}^{i^*} f_{a_i} = f_{a_{i^*}} = \pm p \sum_{i=1}^{i^*} \frac{\sigma_i}{\sqrt{N_i}} \qquad (5)$$

Aufgrund dieser Fehlerbetrachtung gelangt man zu dem Ergebnis, daß eine Addition von Bewegungseinzelzeiten dann eine Gesamtzeit mit für industrielle Prozesse ausreichender Genauigkeit ergeben kann, wenn sowohl die Anzahl der zu den Einzelzeitwerten führenden Untersuchungen als auch bei der Aufstellung der Additivitätshypothese eine genügend große Zahl von Elementen analysiert wurde.[1)]

Dann nämlich, wenn dies erfüllt sein sollte, was jedoch im einzelnen aufgrund fehlender Grundlagenveröffentlichungen nicht nachgeprüft werden konnte, kann die Additivitätshypothese als bedingt richtig angesehen werden.

---

1) Vgl. SANFLEBER, H., Untersuchungen über die Summierbarkeit von Elementarzeiten, a.a.O., S. 166.

Auch wenn die Fehlerbetrachtung der Einzelzeitwerte zum Teil relativ hohe Abweichungen ausweisen sollte, so dürfte sich bei der Kumulationsbetrachtung eine gewisse Fehlerkompensation ergeben.

3312. Funktionaler Zusammenhang der Tabellenzeit

Die Systeme vorbestimmter Zeiten leiden alle, wie schon mehrfach festgestellt wurde, an einer starken Unsicherheit über die Relevanz der sich in den Tabellen befindlichen Zahlenwerte für die betriebliche Anwendung.

Offene Probleme ergeben sich deshalb insbesondere daraus, daß man im Rahmen der Fertigungsplanung und -steuerung nur dann exakte Ergebnisse vorliegen hat, wenn die für die Berechnungen herangezogenen Verfahren an Eindeutigkeit nichts zu wünschen übrig lassen. Vor allem besteht bei den SvZ sowohl in den Arbeitsstudienabteilungen der Unternehmen als auch in der Literatur Unklarheit darüber, wo die in den Tabellen veröffentlichten Zeiten herstammen, wie diese Zeitwerte sich zusammensetzen und welche statistischen Massen sich dahinter verbergen.

Es blieb dem Verfasser deshalb nichts anderes übrig, als retrograd von dem Verhandenen auf die Basis zu schließen. Hierbei wird stellvertretend für alle anderen Verfahren in dem speziellen Falle der Zeitwertgleichungsanalyse das Work-Factor Verfahren herangezogen.

Anhand dieser Gleichung, die von Work-Factor veröffentlicht

wurde,[1] soll untersucht werden, ob die Aussagen eindeutig sind. Die Work-Factor-Grundzeitgleichung lautet:

$$T = 0.75\ B \sqrt{\frac{D + 1}{647\,000 \cdot 0.57^{D} + 353\,000}} \left[1.02 + 0.51\ W - 0.20\ (W + 1)^2\right]$$

Es wird von den Begründern des Work-Factor-Systems behauptet, daß mit Hilfe dieser Gleichung die Tabellenwerte eindeutig nachgerechnet werden könnten. Dies war Ziel der nun folgenden Prüfung.

Definition der Kurzzeichen:

T : Work-Factor Zeit in Minuten
D : Länge der Bewegung in Zoll
W : Anzahl der Merkmale
B : Konstante für den Körperteil

Gegen eine solche Gleichung wäre an sich nichts einzuwenden, insbesondere da die dargebotene Form die "Wissenschaftlichkeit" des Systems formell noch unterstreicht.

Da jedoch durch die Grundlagen bei der industriellen Anwendung, wie z.B. der Vorgabezeitermittlung, entscheidende Beeinflussungsmöglichkeiten lohnpolitischer, physiologischer und psychologischer Art gegeben werden können und gleichzeitig die Vorgabezeiten als Basis für die Planung und Steuerung der Produktion, für die Entlohnung der Arbeitskräfte und ihre Beurteilung dienen und gleichzeitig wesentlicher Bestand-

1) Vgl. QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Das Work-Factor-Buch, a.a.O., S. 22.

teil der Kostenrechnung sind,[1] kamen uns in bezug auf die Anwendbarkeit dieser Grundzeitgleichung Bedenken.

Der Versuch einer Lösung der Gleichung scheitert an der Größe "B", der Konstanten für den Körperteil.

33121. Die Konstante "B" der WF-Grundzeitgleichung

In der uns zur Verfügung stehenden Literatur konnte für "B" kein Zahlenwert gefunden werden. Auch deutsche Work-Factor Spezialisten wie F. Stier bestätigten uns: "Die Werte der Konstanten "B" für das Körperteil wurden von der Work-Factor Gesellschaft nicht veröffentlicht und sind mir daher auch nicht bekannt."[2]

Der Verband für Arbeitsstudien Refa e.V. teilte uns zunächst mit,[3] daß für die Konstante "B" der mathematische Beweis nicht durchführbar sei und daß sich "B" aus Erfahrungen ergeben habe. Später wurde die Größe "B" dann präzisiert:[4] "Die Konstante "B" steht für das bewegte Körperteil, da sich aufgrund verschieden großer Massen auch verschiedene Beschleunigungs- und Verzögerungswerte bei der Bewegung ergeben."

---

1) Vgl. STROMMENGER, C., MTM und Wertanalyse, a.a.O., S. 80.
2) Schreiben vom 11.1.1966 von F. Stier.
3) Gesprächsnotiz anläßlich meines Besuches am 17.12.1965 beim Verband für Arbeitsstudien Refa e.V., Darmstadt (Gesprächspartner Herr Kurz).
4) Schreiben vom 1.10.1968 von E.F. Kurz, Geschäftsführer der Work-Factor-Gemeinschaft für Deutschland e.V., Darmstadt.

Nach Rücksprache mit der WOFAC, Westboro, USA, wurde für "B" folgende Definition gegeben: "The term "B" describes the relationship of the times for the various Body Member Motions."[1)]

Alle Antworten zeichnen sich durch vage Formulierungen und Nichtangabe von Zahlenwerten aus! Im folgenden soll deshalb "B" aus der von WF angegebenen Formel und den angegebenen Tabellenzeitwerten errechnet werden.

331211. "B" - Tabellenwerte

Betrachtet man die Konstante "B", so könnte sie, da sie in der Grundzeitgleichung nur multiplikative Wirkung hat, ohne weiteres ex definitione als Konstante bezeichnet werden.

Die Prüfung der Konstanz kann man durch Auflösen von T nach B erreichen. Es ergibt sich demnach für B:

$$B = \frac{T}{0.75 \sqrt{\frac{D + 1}{647\,000 \cdot 0.57^{D} + 353\,000}} \left[1.02 + 0.51\,W - 0.20\,(W + 1)^2\right]}$$

Der Ausdruck

$$\left[1,02 + 0.51\,W - 0.20\,(W + 1)^2\right]$$

1) Schreiben vom 22.8.2969 von Ted Ulman, Senior Research Analyst der WOFAC Company, Westboro, USA.

Tabelle 2: "B"-Werte für Work-Factor Armbewegungszeittabelle

Zoll	Weg	0	1	2	3	4
1	2.5	1.7586	2.8533	11.3493	- 4.9299	- 1.8996
2	5	1.4091	2.2952	8.9069	- 3.9109	- 1.4890
3	7.5	1.2299	2.0096	7.8316	- 3.5264	- 1.3469
4	10	1.2272	2.0147	7.7407	- 3.4535	- 1.3167
5	12.5	1.2052	2.0074	7.8096	- 3.4078	- 1.3175
6	15	1.2046	1.9874	7.7172	- 3.4193	- 1.3207
7	17.5	1.2167	1.9915	7.7204	- 3.4207	- 1.3224
8	20	1.2361	1.9732	7.7801	- 3.4472	- 1.3199
9	22.5	1.2291	2.0019	7.7689	- 3.4500	- 1.3248
10	25	1.2274	2.0025	7.7884	- 3.4288	- 1.3217
11	27.5	1.2294	1.9773	7.7327	- 3.4544	- 1.3227
12	30	1.2339	1.9585	7.7899	- 3.4516	- 1.3265
13	32.5	1.2143	1.9444	7.7679	- 3.4222	- 1.3213
14	35	1.2227	1.9340	7.6730	- 3.4312	- 1.3184
15	37.5	1.2320	1.9266	7.5933	- 3.4437	- 1.3172
16	40	1.2186	1.9216	7.5261	- 3.3997	- 1.3174
17	42.5	1.2297	1.9185	7.4693	- 3.3899	- 1.3187
18	45	1.2190	1.8922	7.4213	- 3.3553	- 1.3116
19	47.5	1.2098	1.8928	7.3809	- 3.3248	- 1.2966
20	50	1.2228	1.8945	7.3471	- 3.2979	- 1.2832
22	55	1.2288	1.8781	7.2956	- 3.2528	- 1.2602
24	60	1.2173	1.8665	7.1957	- 3.1931	- 1.2414
26	65	1.2085	1.8796	7.1781	- 3.1664	- 1.2259
28	70	1.2199	1.8741	7.1102	- 3.1458	- 1.2057
30	75	1.2146	1.8711	7.0548	- 3.1083	- 1.1955
35	87.5	1.2237	1.8629	7.0416	- 3.0672	- 1.1638
40	100	1.2221	1.8473	6.9592	- 3.0263	- 1.1415

ist für jeweils ein Merkmal bei allen Bewegungsentfernungen konstant und ändert sich nur mit steigenden Merkmalen.

Für die "B"-Werte ergaben sich bei Einsetzen der in der Work-Factor Armbewegungszeittabelle befindlichen T-Werte die in Tabelle 2 wiedergegebenen Zahlenwerte.

Die graphische Darstellung (Abbildung 1) zeigt eindeutig, daß es sich bei den "B"-Werten um zwar nur geringfügig schwankende, aber nicht konstante Werte handelt.

Da jedoch vom Begründer des WF-Systems - Quick - als auch von seinem Assistenten Ulmann immer wieder die Konstanz der "B"-Werte unterstrichen wurde, verlangte der Verfasser von der WOFAC abermalige Auskunft

1. über den Inhalt von "B" und
2. über die Höhe von "B" in den verschiedenen Bewegungszeittabellen.

Mit Schreiben vom 22. August 1969 wurden für "B" von der WOFAC folgende Werte angegeben:[1)]

Tabelle 3: WOFAC- "B" - Wert

	Wert
Armtabelle	1.00
Beinbewegung	1.15
Rumpfbewegung	1.45
Finger-Handbewegung	0.87
Fußbewegung	1.10

1) Schreiben vom 22.8.1969 von Ted Ulman, Senior Research Analyst der WOFAC Company, Westboro, USA; die gleichen Werte wurden von Mr. Quick auch am 8. Juli 1969 in einem Diskussionsvortrag an der Universität des Saarlandes erwähnt.

Ebenso wurde im gleichen Schreiben die Anwendung von "B" zur Berechnung der übrigen Bewegungszeittabellen dargestellt. Nach Auskunft der WOFAC gilt als Basis für die Berechnung die Armbewegungszeittabelle, die einen "B"-Wert von 1.00 aufweist. Mithin mußte, wenn dies die Basis sein soll, die oben erwähnte T-Gleichung mit der Armtabelle identische Werte hervorbringen. Die Arbeitsweise von "B" wurde so interpretiert, daß, ausgehend von der Basis = "B" = 1.00 = Armtabelle, alle übrigen Zeittabellenwerte entsprechend der oben angegebenen "B"-Werte durch Multiplikation mit demselben berechnet werden könnten. Aus der Work-Factor Armtabelle entnehmen wir z.B. für bestimmte Bewegungsentfernungen und Schwierigkeitsgrade Zeitwerte. Diese können wie folgt umgerechnet werden.

A 2.5 W = 26 x 1.15 = B 2.5 W = 29.9 ≈ 30
A 2.5 W = 26 x 1.45 = Ru 2.5 W = 37.7 ≈ 38
A 2.5 W = 26 x 0.87 = F 2.5 W = 22.6 ≈ 23
A 2.5 W = 26 x 1.10 = Fu 2.5 W = 28.6 ≈ 29

} = Tabellenwerte

Diese Berechnung scheint also, ausgehend von der Basis "B" = 1.00 der Armbewegungszeittabelle, für die anderen Tabellen einigermaßen korrekte Zeitwerte zu liefern. Die sich in der Multiplikation gegenüber den veröffentlichten Tabellenwerten ergebenden Differenzen kann man mit $\pm$ 1 Work-Factor-Zeiteinheiten angeben. Dieser Fehler scheint vor allem darauf zurückzuführen zu sein, daß beim Work-Factor-Grundverfahren in Zeiteinheiten von 0.0001 Minuten gerechnet wurde und deshalb Auf- und Abrundungen nicht zu vermeiden waren.

Wäre die Basistabelle also eindeutig nach der oben erwähnten T-Gleichung berechenbar, so könnte die Kritik der Größe "B"

ABBILDUNG : 1

B-Werte für verschiedene Merkmale,
berechnet aus:

$$T = 0.75\,B\sqrt{\frac{D+1}{647000 \cdot 0.57^{B} + 353000}}\left[1.02 + 0.51w - 0.20\,(w+1)^{2}\right]$$

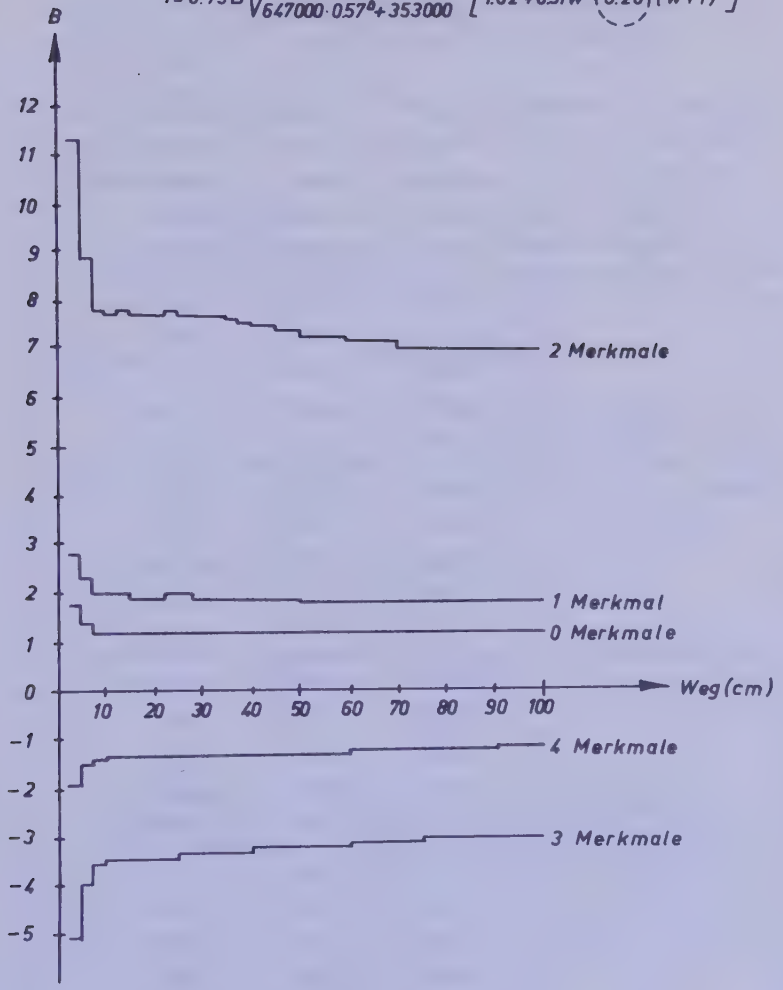


Tabelle 4: Mittelwerte ($\bar{B}$), Standardabweichung (σ_B) und relatives Streuungsmaß (σ_{Br}) der "B"-Werte aus Gleichung (1), Kapitel 331211.

	Merkmal	$\bar{B}$	σ_B	σ_{Br}
Arm	0	1.2486	0.1064	8.5232
	1	1.9806	0.1915	9.6707
	2	7.7018	0.8091	10.5051
	3	- 3.4194	0.3423	10.0096
	4	- 1.3165	0.1320	10.0263
Bein	0	1.4368	0.1278	8.8963
	1	2.2773	0.2199	9.6551
	2	8.8508	0.9184	10.3760
	3	- 3.9255	0.3976	10.1282
	4	- 1.5142	0.1529	10.0995
Rumpf	0	1.8244	0.1748	9.5784
	1	2.9288	0.3098	10.5766
	2	11.4463	1.2032	10.5113
	3	- 5.0938	0.5035	9.8847
	4	- 1.9657	0.1931	9.8243
Finger	0	1.2272	0.2006	16.3499
	1	2.0027	0.3147	15.7145
	2	7.7583	1.1667	15.0386
	3	- 3.4253	0.5354	15.6297
	4	- 1.3193	0.2019	15.3007
Fuß	0	1.5537	0.2446	15.7413
	1	2.5217	0.4070	16.1406
	2	9.7806	1.5455	15.8016
	3	- 4.3448	0.6463	14.8474
	4	- 1.6723	0.2596	15.5234

und damit die Klarheit der aufgeführten Definitionen von T unterbleiben und nur einer verbalen Korrektur unterzogen werden. Die in der T-Gleichung sich befindende Größe "B" müßte man nämlich dann zum besseren Verständnis als Zeittabellenintervallkonstante bezeichnen.

Gerade das Abgleiten der 3. und 4. Merkmalsstufe in den negativen Bereich läßt jedoch die Vermutung zu, daß die oben angeführte Formel fehlerhaft ist, was auch die amerikanische Originalquelle[1)] und das Schreiben vom 25. September 1969 von Ted Ulman bestätigt. In der deutschen Ausgabe handelt es sich demnach offensichtlich um einen Druckfehler.

Deutsche Formel des Work-Factor-Buches

$$T_1 = 0.75\ B \sqrt{\frac{D + 1}{647\,000 \cdot 0.57^D + 353\,000}} \left[1.02 + 0.51\ W - (0.20)(W + 1)^2\right] \quad (1)$$

Amerikanische Formel des Work-Factor-Buches

$$T_2 = 0.75\ B \sqrt{\frac{D + 1}{647\,000 \cdot 0.57^D + 353\,000}} \left[1.02 + 0.51\ W - (0.02)(W + 1)^2\right] \quad (2)$$

1) Vgl. QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Work-Factor-Time Standards-Measurement of manual and mental work, New York-Toronto-London 1962, S. 13.

331212. "B"-Wert Schwankungsbreiten

Da festgestellt wurde, daß die zuerst analysierte Gleichung auf keinen Fall sinnvolle Ergebnisse erzielt, da T in diesem Fall bei "B" = 1,00 in den Merkmalen 3 und 4 negative Werte aufzeigt (vgl. Tabellen 2 und 4), war zu prüfen, ob die richtige Gleichung mit dem Faktor 0,02 zu eindeutigen und unwesentlich divergierenden "B"-Werten führt.

Bei der Prüfung der Frage der Konstanz von "B" gingen wir von folgenden Überlegungen aus:[1)]

1. Mittelwertberechnung der "B"-Werte

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} B_i}{n} = \bar{B}$$

2. Standardabweichung

$$\sigma_B = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (B_i - \bar{B})^2}{n}}$$

1) Vgl. hierzu KREGELOH, H., Statistische Verfahren für das Arbeitsstudium, in: Grundlagen des Arbeits- und Zeitstudiums, Band 7, München 1962; FLASKÄMPER, P., Allgemeine Statistik, a.a.O., S. 101.

3. Relatives Streuungsmaß

$$\sigma_{Br} = \frac{n \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (B_i - \bar{B})^2}{n}}}{\sum_{i=1}^{n} B_i} \cdot 100$$

Kurzzeichen:

B_i = "B"-Wert $\quad i = 1 \ldots n$
$\bar{B}$ = Mittelwert von B_i
σ_B = Standardabweichung der "B"-Werte
σ_{Br} = relatives Streuungsmaß der "B"-Werte
n = Anzahl der "B"-Werte

Aufgrund dieser Analyse wurde festgestellt, daß die "B"-Werte der Armtabelle (berechnet aus Gleichung (2)) in den Merkmalen 0 - 4 Schwankungen von 8.947 bis 10.820 % um die jeweiligen Mittelwerte aufzeigten (vgl. Tabelle 5).
Im einzelnen wurden folgende Ergebnisse berechnet:

Tabelle 5: Mittelwerte, Standardabweichung und relatives Streuungsmaß der "B"-Werte

	"B" 0	"B" 1	"B" 2	"B" 3	"B" 4
$\bar{B}$	1.0272	0.9979	0.9953	1.0048	0.9978
σ_B	0.0919	0.1015	0.1077	0.1010	0.1001
σ_{Br}	8.947%	10.174%	10.820%	10.052%	10.028%

Obwohl die "B"-Mittelwerte nicht erheblich von 1.00, absolut betrachtet, abweichen, so gibt doch das relative Streuungsmaß σ_{Br} zu denken.

Die Abweichungen von 1.00 können natürlich auch aus Auf- und Abrundungen der Zeitwerte resultieren.

Da jedoch das System eine Genauigkeit von 1/10000 Minuten angibt, sind Abweichungen von 8.947 % bis 10.820 % unseres Erachtens als erheblich zu bezeichnen. Von einer Konstanz der "B"-Werte kann also auch bei dieser Rechnung nur bedingt und mit sehr großen Einschränkungen gesprochen werden.

331213. Korrigierte WF-Grundzeitgleichungen

Um die Behauptung der WOFAC, daß die Original T-Gleichung amerikanischer Fassung zur Berechnung aller veröffentlichten Tabellenwerte herangezogen werden kann, zu verifizieren oder zu falsifizieren, wurden die WF-Tabellenwerte nach der T-Gleichung mit "B" = 1.00 berechnet.

Es ergaben sich hierbei neue korrigierte Work-Factor-Zeittabellen, die erhebliche Differenzen in bezug auf die veröffentlichten Zeittabellen aufzeigten (vgl. Tabelle 6).

Es scheint demnach nicht möglich zu sein, mit Formel (2) die Tabellenzeitwerte von Work-Factor zu berechnen.
Mit Schreiben vom 25. September 1969 wurden deshalb von der WOFAC, USA, auf unsere Anfrage folgende Formeln zur Berechnung der Tabellenwerte mitgeteilt:

$$T_A = 0.75\ B\ (0.089\ D^3 + 1.64\ D + 22.21)\ \left[1.02 + 0.51\ W - 0.02\ (W + 1)^2\right]$$

$$T_B = 0.75\ B \sqrt{\frac{D + 1}{647\,000\ .\ 0.57^D + 353\,000}}\ \left[1.02 + 0.51\ W - 0.02\ (W + 1)^2\right]$$

$$T_C = 0.75\ B\ (48.67 + 3.65\ D - 0.045\ D^2 + 0.00037\ D^3)$$

$$T_D = 0.75\ B\ (74.68 + 3.65\ D - 0.035\ D^2 + 0.000241\ D^3)$$

$$T_E = 0.75\ B\ (97.75 + 4.23\ D - 0.052\ D^2 + 0.000452\ D^3)$$

$$T_F = 0.75\ B\ (124.69 + 4.25\ D - 0.0523\ D^2 + 0.000437\ D^3)$$

$$T_G = 0.75\ B\ (163.77 + 3.41\ D - 0.0393\ D^2 + 0.000423\ D^3)$$

$$T_H = 0.75\ B\ (199.37 + 2.19\ D + 0.0059\ D^2 - 0.000189\ D^3)$$

$$T_I = 0.75\ B\ (203.17 + 4.47\ D - 0.08\ D^2 + 0.000756\ D^3)$$

$$T_J = 0.75\ B\ (253.33 + 1.551\ D + 0.0084\ D^2 - 0.0002\ D^3)$$

Die Maßbereiche, für welche die einzelnen Formeln gelten sollen, geben die Übersichten 11 und 12 an.

Es ist bezeichnend für die Veröffentlichungsfreudigkeit der Begründer des Work-Factor-Verfahrens, daß die als universell angegebene Grundzeitgleichung T_B an sich nur für einen ganz kleinen Bereich der Tabellenwerte repräsentant ist. Diese mangelnde Grundlageninformation läßt demnach auch die Kritik an den Systemen vorbestimmter Zeiten nicht verstummen.

Tabelle 6: Berechnung der t-Werte bei B = 1.00 nach T_2

Zoll	0	1	2	3	4
1	12.48	17.87	22.92	27.48	31.55
2	17.29	25.03	32.11	38.50	44.20
3	21.80	31.52	40.43	48.47	55.64
4	25.83	37.36	47.92	57.45	65.95
5	29.33	42.54	54.56	65.42	75.10
6	32.38	46.90	60.16	72.13	82.80
7	35.07	50.77	65.13	78.09	89.64
8	37.48	54.26	69.60	83.46	95.81
9	39.69	57.54	73.82	88.50	101.60
10	41.72	60.45	77.54	92.97	106.73
11	43.64	63.22	81.10	97.23	111.62
12	45.46	65.88	84.51	101.32	116.31
13	47.20	68.43	87.78	105.25	120.82
14	48.87	70.81	90.83	108.90	125.02
15	50.48	73.19	93.89	112.57	129.22
16	52.04	75.42	96.75	115.99	133.16
17	53.55	77.59	99.52	119.32	136.98
18	55.02	79.77	102.32	122.67	140.83
19	56.45	81.81	104.95	125.83	144.45
20	57.84	83.81	107.51	128.90	147.98
21	59.21	85.84	110.11	132.01	151.54
22	60.54	87.74	112.55	134.94	154.91
23	61.84	89.61	114.95	137.81	158.20
24	63.11	91.50	117.38	140.73	161.55
25	64.37	93.30	119.68	143.48	164.72
26	65.59	95.05	121.93	146.19	167.82
27	66.79	96.84	124.22	148.94	170.97
28	67.98	98.54	126.40	151.54	173.97
29	69.14	100.20	128.54	154.10	176.91
30	70.28	101.90	130.71	156.71	179.90
31	71.41	103.51	132.78	159.20	182.75
32	72.51	105.10	134.82	161.63	185.55
33	73.60	106.72	136.89	164.13	188.41
34	74.68	108.26	138.87	166.49	191.13
35	75.74	109.78	140.82	168.83	193.81
36	76.78	111.33	142.81	171.21	196.55
37	77.81	112.81	144.70	173.49	199.16
38	78.83	114.26	146.57	175.73	201.74
39	79.84	115.75	148.49	178.02	204.37
40	80.83	117.18	150.31	180.02	206.88

ÜBERSICHT: 11

Development of Epuations – Moving Time Table

Anzahl d. Work Factors →

Zoll	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1									
2	$T_A = 0.75\,B\,(1.089D^3 + 1.64D + 22.21)\left[1.02 + 0.51\omega - 0.02(\omega+1)^{\frac{1}{2}}\right]$								
3									
4									
5									
6									
7	$T_B = 0.75\,B\sqrt{\frac{D+1}{647000 \cdot 0.57^D + 353000}}\left[1.02 + 0.51\omega - 0.02(\omega+1)^2\right]$								
8									
9									
10		T_C							
11									
12			T_D						
13									
14				T_E					
15									
16					T_F				
17									
18						T_G			
19									
20							T_H		
21									
22								T_I	
23									
24									T_J
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									

$T_C = 0.75\,B(48.67 + 3.65D - 0.045D^3 + 0.00037D^3)$

$T_D = 0.75\,B(74.68 + 3.65D - 0.035D^3 + 0.000241D^3)$

$T_E = 0.75\,B(97.75 + 4.23D - 0.052D^3 + 0.0000452D^3)$

$T_F = 0.75\,B(124.69 + 4.25D - 0.0523D^3 + 0.000437D^3)$

$T_G = 0.75\,B(163.77 + 3.14D - 0.0393D^3 + 0.000423D^3)$

$T_H = 0.75\,B(199.37 + 2.19D + 0.00359D^2 - 0.000189D^3)$

$T_I = 0.75\,B(203.17 + 4.47D - 0.08D^2 + 0.000756D^3)$

$T_J = 0.75\,B(253.33 + 1.55ID + 0.00842D^2 - 0.0002D^3)$

Übersicht 12: Maßbereiche der Formeln

Work-Factors

M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	Zoll
T_A	T_A	T_A	T_A	T_A	T_A	T_A	T_A	T_A	1 - 4
T_B	T_B	T_B	T_B	T_B	T_B	T_B	T_B	T_B	5 - 10
T_B	T_C	T_B	T_B	T_B	T_B	T_B	T_B	T_B	10 - 12
T_B	T_C	T_D	T_B	T_B	T_B	T_B	T_B	T_B	13 - 15
T_B	T_C	T_D	T_E	T_B	T_B	T_B	T_B	T_B	16 - 17
T_B	T_C	T_D	T_E	T_F	T_B	T_B	T_B	T_B	18 - 19
T_B	T_C	T_D	T_E	T_F	T_G	T_B	T_B	T_B	20 - 21
T_B	T_C	T_D	T_E	T_F	T_G	T_H	T_B	T_B	22 - 22
T_B	T_C	T_D	T_E	T_F	T_G	T_H	T_I	T_B	23 - 24
T_B	T_C	T_D	T_E	T_F	T_G	T_H	T_I	T_J	25 - 40

Tabelle 7: Berechnung der Tabellenwerte nach WOFAC

$T_A - T_j \hat{=} T_3$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	17.95	26.03	33.39	40.03	45.95	51.16	55.65	59.41	62.47
2	19.65	28.49	36.55	43.82	50.30	56.00	60.92	65.04	68.38
3	22.15	32.12	41.20	49.39	56.70	63.13	68.67	73.32	77.08
4	25.85	37.48	48.08	57.65	66.18	73.67	80.14	85.56	89.96
5	29.33	42.54	54.56	65.42	75.10	83.61	90.94	97.10	102.09
6	32.35	46.90	60.16	72.13	82.80	92.18	100.27	107.06	112.56
7	35.02	50.77	65.13	78.09	89.64	99.80	108.55	115.91	121.86
8	37.42	54.26	69.60	83.46	95.81	106.66	116.01	123.87	130.24
9	39.69	57.54	73.82	88.50	101.60	113.11	123.03	131.36	138.11
10	41.69	60.45	77.54	92.97	106.73	118.82	129.24	137.99	145.08
11	43.60	62.5	81.10	97.23	111.62	124.27	135.17	144.32	151.73
12	45.44	64.5	84.51	101.32	116.31	129.49	140.05	150.39	158.11
13	47.20	66.4	87.1	105.25	120.82	134.51	146.31	156.22	164.24
14	48.84	68.2	89.2	108.90	125.02	139.18	151.39	161.65	169.95
15	50.48	69.9	91,1	112.57	129.22	143.86	156.48	167.08	175.66
16	52.02	71.6	93.1	113.9	133.16	148.24	161.25	172.17	181.01
17	53.51	73.3	94.9	115.8	136.98	152.50	165.87	177.11	186.21
18	55.01	74.8	96.8	117.6	138.1	156.78	170.53	182.09	191.44
19	56.42	76.3	98.5	119.3	139.9	160.81	174.91	186.76	196.36
20	57.80	77.7	100.2	120.9	141.5	162.2	179.19	191.33	201.15
21	59.20	79.1	101.9	122.5	143.1	163.5	183.51	195.94	206.01
22	60.51	80.4	103.5	124.0	144.6	164.8	187.8	200.30	210.59
23	61.80	81.6	105.1	125.4	146.0	166.0	189.7	197.7	215.06
24	63.11	82.7	106.6	126.7	147.4	167.2	191.5	198.2	219.61
25	64.34	83.8	108.0	127.9	148.7	168.3	193.4	198.6	223.0
26	65.56	84.8	109.4	129.1	149.8	169.4	195.2	198.9	224.5
27	66.79	85.8	110.8	130.2	150.9	170.4	197.1	199.1	226.0
28	67.96	86.7	112.1	131.2	151.9	171.3	199.0	199.1	227.5
29	69.11	87.5	113.3	132.2	152.9	172.2	200.9	199.1	229.0
30	70.28	88.2	114.5	133.0	153.8	173.0	202.8	198.9	230.6
31	71.39	88.9	115.6	133.8	154.6	173.8	204.7	198.6	232.1
32	72.48	89.5	116.7	134.5	155.3	174.5	206.6	198.1	233.7
33	73.60	90.1	117.7	135.1	155.9	175.1	208.6	197.6	235.3
34	74.66	90.5	118.7	135.6	156.5	175.7	210.5	196.9	236.8
35	75.71	90.9	119.6	136.1	157.0	176.2	212.4	196.2	238.4
36	76.78	91.3	120.5	136.5	157.4	176.7	214.4	195.2	240.0
37	77.80	91.6	121.3	136.8	157.7	177.1	216.4	194.2	241.7
38	78.80	91.8	122.1	137.0	158.0	177.4	218.3	193.1	243.3
39	79.83	91.9	122.8	137.1	158.1	177.7	220.3	191.8	244.9
40	80.81	92.0	123.5	137.2	158.2	177.9	222.3	190.4	246.6

Es sollte nun festgestellt werden, ob die jetzt nachträglich von der WOFAC dem Verfasser mitgeteilten Formeln tatsächlich zu den veröffentlichten Bewegungszeittabellenwerten führen.

Tabelle 7 gibt die aus T_A bis T_J für die dazugehörenden Maßbereiche berechneten "korrekten" Tabellenwerte an.

Da mithin mittlerweile für die Tabellenzeitwertberechnung drei Gleichungsgruppen existieren, ist herauszufinden

1. welche Abweichungen diese drei Gruppen im Vergleich zu den veröffentlichten Tabellenwerten haben und daraus resultierend,
2. welches Gleichungssystem die verhältnismäßig geringsten Abweichungen zu den Tabellenwerten hat.

T_0 = Tabellenzeitwerte der WF-Armbewegungszeittabelle

$T_1 = 0.75\ B\sqrt{\ -\ [1.02 + 0.51\ W - (0.20)(W + 1)^2]}$

$T_2 = 0.75\ B\sqrt{\ -\ [1.02 + 0.51\ W - (0.02)(W + 1)^2]}$

$T_3 = T_A, T_B \dots T_J$

Der Vergleich von T_0 T_1 kann ausgeklammert werden, da T_1 als f a l s c h erkannt wurde und zu vollkommen abweichenden Ergebnissen führt.

Die a b s o l u t e n Abweichungen bewegten sich bei den verschiedenen Merkmalsstufen wie folgt:

Merkmal 0 T_0 T_2 : 0.02 - 0.86
Merkmal 1 T_0 T_2 : 0.10 - 8.18
Merkmal 2 T_0 T_2 : 0.10 - 15.31
Merkmal 3 T_0 T_2 : 0.03 - 21.02
Merkmal 4 T_0 T_2 : 0.02 - 27.88

Merkmal 0 T_0 T_3 : 0.01 - 0.58
Merkmal 1 T_0 T_3 : 0.03 - 17.00
Merkmal 2 T_0 T_3 : 0.08 - 11.50
Merkmal 3 T_0 T_3 : 0.03 - 21.80
Merkmal 4 T_0 T_3 : 0.02 - 20.80

Es war zusammenfassend folgende Tendenz der mittleren Abweichungen von den Tabellenwerten zu den einzelnen Grundlagenformeln festzustellen:

Tabelle 8: Vergleich T_0 T_2 und T_0 T_3

T_0 T_2	Merkmal 0	Merkmal 1	Merkmal 2	Merkmal 3	Merkmal 4
$\bar{A}_x$	0.2968	2.959	4.336	4.878	5.294
$\sigma_{\bar{A}_x}$	0.1979	2.511	4.615	6.083	7.691
$\sigma_{r\bar{A}_x}$	66.68 %	84.86%	106.43%	124.71%	145.28%
T_0 T_3	0	1	2	3	4
$\bar{A}_x$	0.275	2.568	1.837	3.123	2.808
$\sigma_{\bar{A}_x}$	0.173	3.949	2.617	5.005	4.859
$\sigma_{r\bar{A}_x}$	62.78%	153.79%	142.43%	160.29%	173.06%

Kurzzeichen :

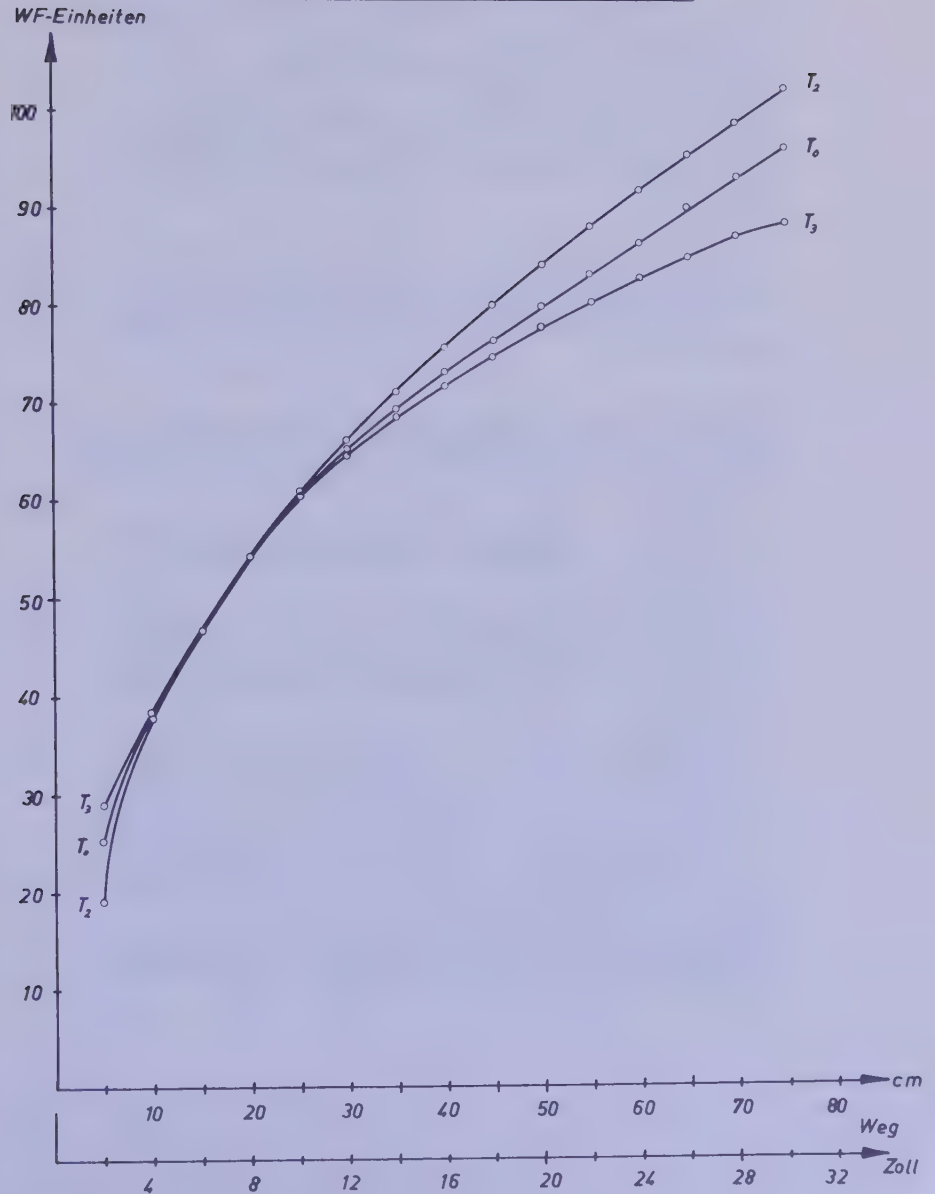
$A_{\bar{x}}$	Mittelwert der Abweichungen
$\sigma_{A_{\bar{x}}}$	Standardabweichung vom Mittelwert der Abweichungen
$\sigma_{r A_{\bar{x}}}$	Relatives Streuungsmaß der Abweichungen um den Mittelwert

Als Ergebnis kann festgestellt werden, daß beim Vergleich von T_0 T_2 mit steigender Anzahl der Merkmale die Standardabweichung $\sigma_{A_{\bar{x}}}$ als auch $\sigma_{r A_{\bar{x}}}$ zunimmt. Die durch T_2 berechneten Werte weichen also immer mehr von den veröffentlichten Tabellenwerten ab. Vergleicht man die Standardabweichungen von T_0 T_2 und T_0 T_3, so sieht man, daß sich die absoluten Abweichungen bei T_0 T_3 zwar verbessern, was auf eine Verfeinerung der Formeln schließen läßt, jedoch sich auch hier wie bei T_0 T_2 immer noch sehr hohe Abweichungsdifferenzen feststellen lassen. Von einer vollständigen Kongruenz von T_0 und T_2 kann deshalb überhaupt nicht gesprochen werden. Ebensowenig konnte eine Übereinstimmung von T_0 und den verschiedenen Formeln von T_3 festgestellt werden (vgl. hierzu auch Abbildung 2).

Nach den vorliegenden Ergebnissen muß demnach an der Eindeutigkeit entweder der Grundlagenformeln oder der veröffentlichten Tabellenzeitwerte gezweifelt werden.

ABBILDUNG : 2

Darstellung von T_0, T_2 und T_3 bei Merkmal 1



331214. Konsequenzen für Fertigungszeitplanung und Lohnfindung

Die Ergebnisse der vorangegangenen Berechnungen werden durch Abbildung 2 verdeutlicht. Es zeigt sich, daß weder die Gleichung T_2, die über T_0 liegt, noch die Formeln für T_3, die unter T_0 liegen, die in den Tabellen angegebenen Werte treffen.

Lediglich bis ca. 10 Zoll sind die Abweichungen von T_2 und T_3 von T_0 nicht so kraß. Ab 10 Zoll divergieren beide Kurven erheblich von T_0.

Es können schon jetzt folgende Schlüsse gezogen werden:

1. Wäre "B" eine absolute Konstante und, wie von der WOFAC angegeben, = 1.00 für die Armtabelle, so würden die rechnerisch ermittelten Armbewegungszeitkurven erheblich von den in den veröffentlichten Tabellen enthaltenen Kurven divergieren.
2. Aus der T_3-Gleichungsberechnung würden bei gleichem Entfernungsintervall kürzere Zeiten pro Bewegungsentfernung resultieren.
3. Dies würde natürlich sofort die Frage aufwerfen, welche Tabellenwerte wohl die für die Ermittlung von Vorgabezeiten richtigen Zeiten bringen (Tabelle T_0, T_2 oder T_3).
4. Wie man erkennen kann, wird man durch diese in den Tabellen implizit enthaltenen Unklarheiten zu Zweifeln an der Wissenschaftlichkeit des Grundlagenmaterials verleitet.
5. Wenn jedoch solche Grundzeitgleichungen als Grundlage für Systeme vorbestimmter Zeiten bestehen, so muß

a) entweder an diesen Grundlagen, oder
b) an den veröffentlichten Tabellenzeiten gezweifelt werden.
Gerade für die Zeitfindung und -planung, die im Endeffekt die Kosten beeinflußt, ist es betriebswirtschaftlich von entscheidender Bedeutung, einen möglichst geringen Abweichungsprozentsatz von der tatsächlich in Anspruch genommenen Zeit zu haben.

Solange also noch Zweifel an der Wissenschaftlichkeit wichtiger Größen bestehen, was gleichermaßen für alle Systeme vorbestimmter Zeiten gilt, können diese Systeme nur bedingt zur Lohnfindung herangezogen werden.

Die in den folgenden Kapiteln weiter differenzierten Analysen werden dies bestätigen.

33122. Untersuchung der SvZ-Tabellenzeiten

Alle Systeme vorbestimmter Zeiten erheben den Anspruch, richtig zu sein und mithin mit ihren Tabellenzeiten die korrektesten Werte für die Arbeitsvorbereitung zu liefern.

Da alle Systeme angeblich von den gleichen Grundlagen ausgehen, müßte die Gegenüberstellung aller Systeme vorbestimmter Zeiten zu gleichen Ergebnissen führen. Dies ist jedoch offensichtlich nicht der Fall. Es unterliegt also der individuellen Entscheidung der Arbeitsvorbereitung oder der Geschäftsleitung eines Industriebetriebes, welchem der Systeme sie den Vorzug gibt und welches der Systeme zur Anwendung kommt.

Für unsere Untersuchungen stellt sich demnach das Problem zunächst so, wie Gomberg[1] formuliert hat: "If one of several contemporary standard data systems is accurate, then the others cannot be accurate."

Da die Grundlagen der SvZ nicht veröffentlicht sind, erschwert dies jedoch die bis ins einzelne gehende Untersuchung und es bleibt auch uns nichts anderes übrig, als im Endeffekt, jedoch nach objektiven Kriterien, eine Bewertung vorzunehmen.

Es soll deshalb zunächst untersucht werden, wie sich die einzelnen Systeme in der Zeitkomponenten unterscheiden.

Um die Tabellenwerte überhaupt erst vergleichbar zu machen, wurden sie in den einzelnen Entfernungsintervallen gleichnamig gemacht, da sie hierin nicht übereinstimmen.

Vergleicht man diese Intervalle, so kann festgestellt werden, daß Work-Factor und DMT von gleichen Entfernungsintervallen ausgehen, während das BMT-System erst ab 2.5 cm ≈ 1 Zoll mit dieser Intervalleinteilung synchron verläuft, aber noch als erste Stufe 1.25 cm vorangestellt hat. Das MTM-System weicht vollkommen hiervon ab und hat die Entfernungsintervalle in Sprünge von jeweils 2.0 cm unterteilt.

Über die Zweckmäßigkeit solcher Einteilungen läßt sich streiten und man könnte beide je nach der Betrachtungsweise als sinnvoll ansehen. Der 2.5 cm Sprung rührt von der amerikanischen Originalzolleinteilung her, da 2.5 cm ≈ 1 Zoll sind.

---

1) Vgl. GOMBERG, W., A Trade Union Analysis, a.a.O., S. 226.

Für deutsche Verhältnisse scheint ein 2 cm Sprung genauso sinnvoll zu sein.

Diese Streckenintervalleinteilung soll ein rationelles Handhaben der Bewegungszeittabellen ermöglichen.

Entfernungsintervallmaßstäbe können jedoch dazu führen, daß die statistische Genauigkeit erheblich eingeschränkt wird, da durch in industriellen Prozessen auftretende Grenzfälle, die sowohl in den einen als auch den anderen Bereich entfallen können, zwangsläufig Fehlerquellen entstehen können.[1)]

Man muß sich in Verbindung mit diesen Maßbereichen und der in den Systemen enthaltenen Minutengenauigkeitsgraden fragen, ob eine solch grobe Maßbereichseinteilung bei einer so kleinen Zeiteinteilung noch gerechtfertigt ist.

Bei der Analyse dieser Maßbereiche muß davon ausgegangen werden, daß die Zeitwerte zwischen den Sprüngen konstant sind. Es muß jedoch den Analytiker eines Systems, das solch extreme Genauigkeit in der Zeitgröße angibt, kritisch stimmen, wenn das gleiche System in den Entfernungsmaßbereichen

1. verschieden großen Entfernungen des gleichen Maßbereiches dieselbe Zeit zuordnet und
2. eng aneinanderliegenden Werten, jedoch unterschiedlicher Maßbereiche unterschiedliche Bewegungszeiten zuordnet.

Um die Systemdivergenzen herauszustellen, wurden ungefähr

---

1) Vgl. HAMDY, Mostafa, HAMDY, Ahmed, Beitrag zur Kritik der Verfahren vorbestimmter Zeiten, a.a.O., S. 46.

gleichdefinierte Bewegungen der Systeme Work-Factor, MTM, BMT und DMT gegenübergestellt. Diese Grundbewegungen sind wie folgt definiert:

Work-Factor-Armtabelle Grundbewegung

Wenn der Körperteil bewegt wird, um nach einem bestimmten Ziel, einer Stelle oder zu einem Gegenstand zu langen, dann spricht man von Hinlangen. [1)]

MTM - Reach - R x A

"Hinlangen zu einem alleinstehenden Gegenstand, der sich immer an einem genau bestimmten Ort befindet, in der anderen Hand liegt oder auf welchem die andere Hand ruht." [2)]

DMT - Bewegen - h

"Bewegen eines Gegenstandes von Hand." [3)]

BMT - Hinlangen - A

"Bewegungen, die ohne Muskelanspannung beendet werden." [4)]

---

1) Vgl. QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Das Work-Factor-System, in: Handbuch des Industrial Engineering, Teil IV, a.a.O., S. 61-142, hier S. 83.
2) Vgl. SCHWAB, J.L., Methods-Time Measurement, a.a.O., S. 28 und S. 33.
3) Vgl. DMT-Tabelle in GEPPINGER, H.C., Dimensional Motion Times, a.a.O.
4) Vgl. PRESGRAVE, R., BAILEY, G.B., Basic Motion Timestudy, a.a.O., S. 147.

331221. Die WFG-Tabellenzeiten als Untersuchungsbasis

Die graphische Darstellung (Abbildung 3) zeigt uns, daß die Kurven der 4 Systeme vorbestimmter Zeiten nicht gleich verlaufen. Die Wegzeitkurven sind in dem Bereich bis 10 cm vollkommen undefiniert und auch sehr ungenau.

Die aus allen 4 Systemen gebildete Mittelwertkurve veranschaulicht die einzelnen Abweichungen noch mehr.

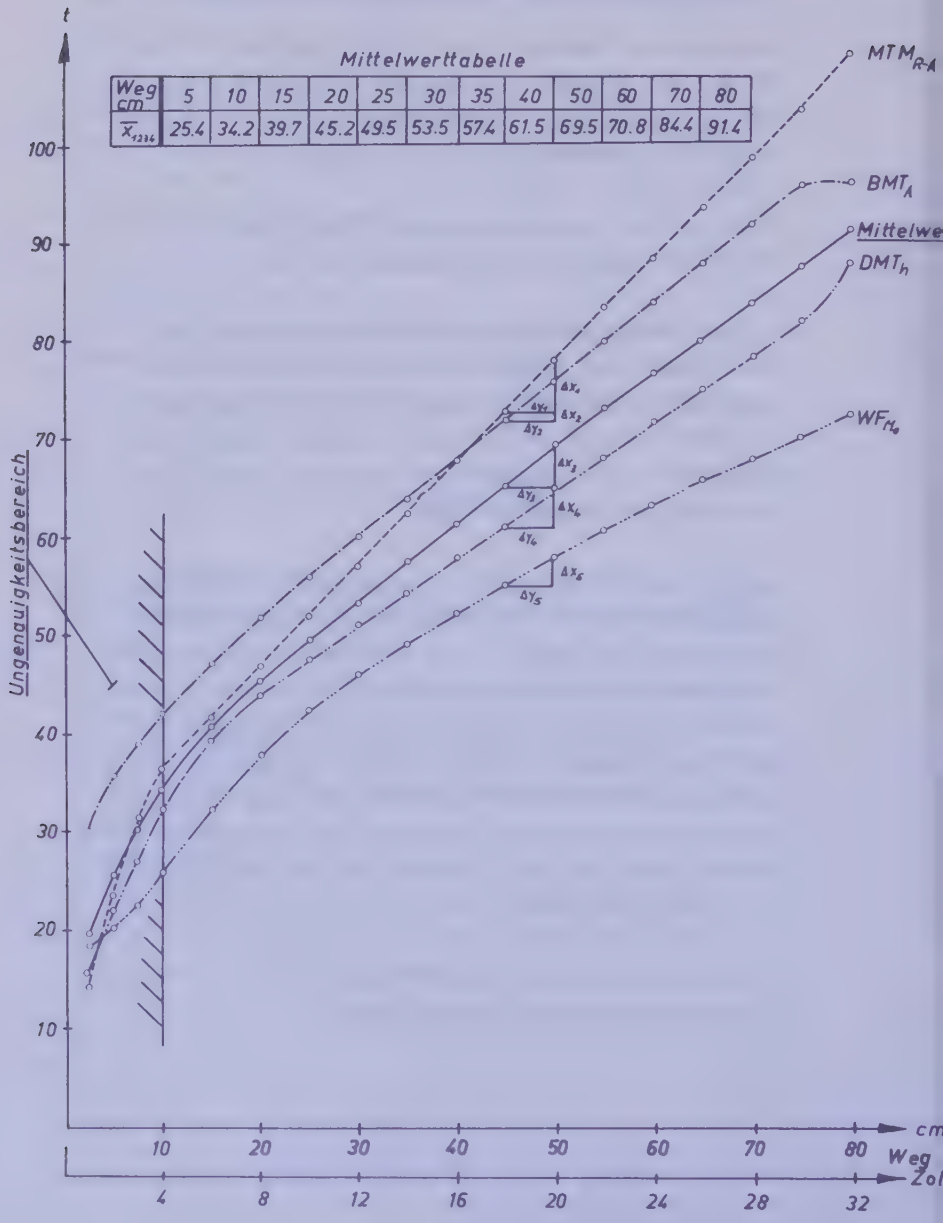
Für die Planung von Fertigungszeiten bedeutet dies, daß durch diese in den Weg-Zeit-Beziehungen enthaltenen Steigungsmaßunterschieden, je nachdem zu welchem SvZ man sich für die praktische Anwendung entschließen sollte, unterschiedliche Zeiten vorgegeben werden. Dieser Effekt würde sich durch alle Vorgaben ziehen.

Isoliert betrachtet kann jedoch vorerst hieraus nur gefolgert werden, daß aus den SvZ unterschiedliche Ergebnisse resultieren können. Als Basis für die folgende Untersuchung wurde die Work-Factor-Armbewegungszeittabelle genommen und es sollte hierzu ein bestimmtes mittleres Abweichungsmaß zu den übrigen Systemen ermittelt werden. Ausgangspunkt der Überlegungen war die schon in Kapitel 223. angeführte Prämisse, daß es sich bei den Zeitwerten um arithmetische Mittelwerte handelt und daß alle Systeme vorbestimmter Zeiten von diesem Mittelwertgedanken ausgegangen sind.

Es muß zunächst das Schema der Bewegungstabellen der Systeme vorbestimmter Zeiten erklärt werden.

ABBILDUNG: 3

Weg – Zeit – Kurve der Systeme vorbestimmter Zeiten



Weg cm	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80
$\bar{x}_{1234}$	25.4	34.2	39.7	45.2	49.5	53.5	57.4	61.5	69.5	70.8	84.4	91.4

Die Tabellen sind in Grundbewegungen und Schwierigkeitsstufen (oder auch Merkmalsstufen) eingeteilt:

1. Stufe: Basis für Merkmalsstufen. Es handelt sich hier um Grundbewegung ohne Komplexitäts- oder Schwierigkeitsgrad. Dies sind Bewegungen oder Tätigkeiten, die keine zeit-intensive Anforderungen an den Arbeiter stellen.

   $t_{b_{g_i}}$ = Grundbewegungszeit der Entfernung i = 1 Zoll bis 40 Zoll oder i = 2.5 cm bis 100 cm.

2. Stufe: Hier handelt es sich um Tätigkeiten, die einen Komplexitätsgrad 1 haben. Es kann sich um zeiterhöhende (z.B. schwierigere und genauer auszuführende Arbeiten) ebenso wie um zeitverkürzende Faktoren handeln.
   Tabellenzeiten des Komplexitätsgrades 1 können durch Multiplikation von $t_{b_{g_i}}$ mit dem Komplexitätsfaktor F_{K1} gewonnen werden.

   $$t_{K1} = t_{b_{g_i}} \cdot F_{K1} \qquad F_{K1} \gtrless 1.0$$

3. Stufe: Zeiten des Komplexitätsgrades 2, d.h. Zeiten unterer Ordnung mit zeiterhöhendem Charakter

   $$t_{K2} = t_{b_{g_i}} \cdot F_{K2} \qquad F_{K2} > 1.0$$

4. Stufe: Zeiten des Komplexitätsgrades 3, d.h. Zeiten mittleren Schwierigkeitsgrades

   $$t_{K3} = t_{b_{g_i}} \cdot F_{K3} \qquad F_{K3} > 1.0 > F_{K2}$$

5. Stufe: Zeiten des Komplexitätsgrades 4, d.h. Zeiten höheren Schwierigkeitsgrades

$$t_{K4} = t_{b_{g_i}} \cdot F_{K4}$$

$$F_{K4} > 1.0 > F_{K2} > F_{K3}$$

Wie schon erwähnt, wurde als Basis die Work-Factor-Armbewegungszeittabelle sowohl in der Grundbewegungszeit $t_{b_{g_i}}$ des Merkmals 0 als auch den Komplexitätsgraden der verschiedenen Stufen mit 100 % angesetzt.

Als Abweichungen von WF ergaben sich die in Tabelle 9 wiedergegebenen Werte (vgl. auch Abbildung 4).

Bei der Betrachtung der mittleren prozentualen Abweichung der einzelnen Systeme vorbestimmter Zeiten ergaben sich folgende Werte (Tabelle 10):

Erklärung der Kurzzeichen:

$t_{b_{g_i}}$ Grundbewegungszeit der Entfernung i

t_{K_i} Zeit der Stufe mit Komplexitätsgrad i

F_{K_i} Komplexitätsfaktor

ABBILDUNG: 4

PROZENTUALE ABWEICHUNGEN DER SYSTEME VORBESTIMMTER ZEITEN

Merkmal 0 bei WF, MTM, BMT, DMT

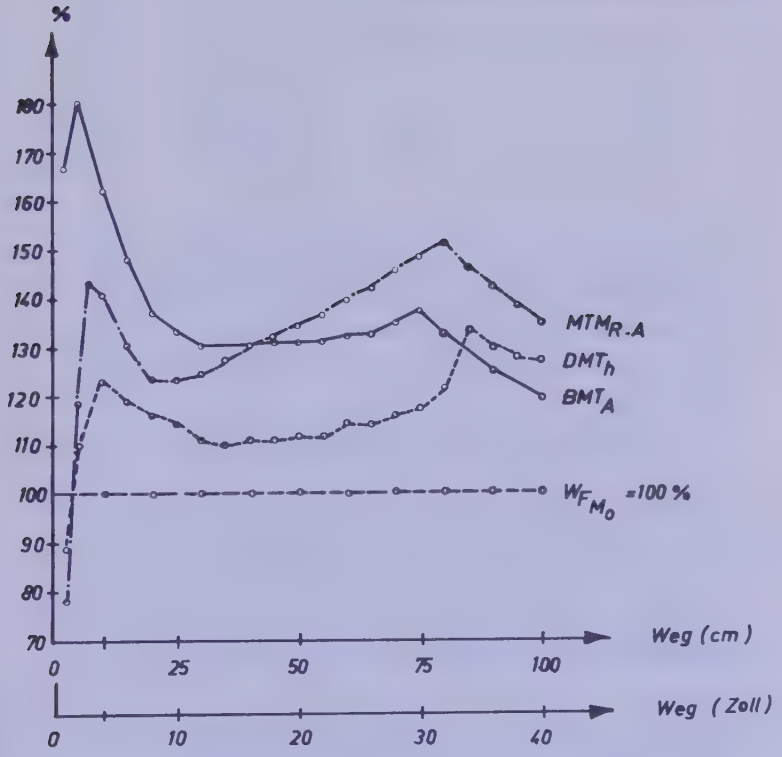


Tabelle 9: Armtabelle - Abweichungen der SvZ zu WF = 100 %

Art der Bewegung	Weg cm	Weg Z	WF M_0=100%	MTM R - A	DMT A	BMT A	WF M_1=100%	MTM R - B	DMT B	BMT B	WF M_2=100%	MTM R-C-D	DMT D	BMT BV	WF M_3=100%	MTM R-C D	DMT C	BMT C	WF M_4=100%	MTM R - E	DMT S	BMT CV
Armbewe-gung	2,5	1	100	78,0	86,9	166,9	100	54,0	38,5	138,5	100	48,9	88,2	123,5	100	41,6	105,0	120,0	100	30,0	137,0	117,4
	5	2	100	118,5	110,0	180,0	100	82,0	69,0	145,0	100	94,1	100,0	129,7	100	79,1	109,1	125,0	100	45,6	144,0	124,0
	7,5	3	100	143,0	122,8	177,0	100	98,5	78,2	143,9	100	102,4	104,9	129,3	100	87,0	110,0	120,0	100	55,0	143,9	117,5
	10	4	100	141,0	123,0	161,5	100	99,5	73,6	129,0	100	105,0	100,0	118,8	100	86,9	108,9	110,3	100	61,8	139,4	109,1
	12,5	5	100	134,5	120,9	155,0	100	106,0	74,5	121,0	100	100,9	94,5	109,1	100	85,4	104,6	104,6	100	58,4	136,0	101,3
	15	6	100	130,0	118,8	147,0	100	108,5	72,4	117,0	100	100,0	91,7	105,0	100	83,3	104,2	98,6	100	57,8	134,9	95,2
	17,5	7	100	127,0	117,0	143,0	100	109,0	72,5	113,9	100	98,5	89,2	101,5	100	82,1	105,1	94,9	100	57,2	135,6	91,1
	20	8	100	123,0	115,8	137,0	100	111,0	72,3	111,0	100	97,7	87,1	97,1	100	81,4	104,8	91,7	100	57,5	137,5	88,5
	22,5	9	100	123,0	115,0	135,0	100	110,0	70,8	107,0	100	97,7	86,5	94,6	100	81,2	106,7	88,8	100	57,8	139,2	85,3
	25	10	100	123,5	114,2	133,3	100	112,0	70,5	104,9	100	98,1	85,9	93,6	100	82,3	109,7	87,1	100	58,6	142,1	84,1
	27,5	11	100	124,0	112,5	132,0	100	115,0	70,6	104,9	100	99,6	85,8	92,6	100	82,3	110,7	85,2	100	59,3	144,8	82,6
	30	12	100	124,0	111,0	130,5	100	118,2	70,8	104,6	100	99,5	84,7	90,6	100	82,9	112,7	84,3	100	60,0	147,0	81,2
	32,5	13	100	127,0	111,8	132,0	100	120,9	70,9	104,5	100	100,9	83,0	89,8	100	84,6	115,7	83,5	100	61,0	150,4	80,2
	35	14	100	127,3	110,1	130,8	100	123,5	71,0	104,3	100	103,3	84,4	90,0	100	85,3	117,4	82,6	100	61,9	153,6	79,2
	37,5	15	100	128,0	109,8	129,5	100	125,9	71,1	104,2	100	105,3	85,9	90,2	100	85,8	119,0	81,4	100	62,8	156,6	78,7
	40	16	100	130,2	111,6	130,8	100	128,2	71,2	104,1	100	107,2	87,2	90,4	100	87,7	122,6	81,7	100	63,6	159,4	78,2
	42,5	17	100	130,0	110,2	129,8	100	130,4	70,7	104,0	100	109,4	87,5	90,6	100	89,0	119,5	81,4	100	64,4	154,7	77,4
	45	18	100	132,0	111,0	131,0	100	134,2	71,1	105,3	100	111,4	87,8	90,8	100	91,0	117,5	81,7	100	65,6	151,4	77,1
	47,5	19	100	134,0	112,5	132,0	100	136,2	71,8	105,1	100	113,4	89,0	91,0	100	93,0	115,6	82,0	100	67,2	149,3	77,5
	50	20	100	134,5	112,0	131,0	100	138,0	72,5	105,0	100	115,3	90,2	91,2	100	94,8	113,7	82,3	100	68,8	147,2	77,8
	55	22	100	136,5	111,5	131,0	100	143,1	72,3	106,0	100	118,3	90,6	91,5	100	98,0	110,2	83,6	100	72,2	143,2	78,4
	60	24	100	140,0	114,2	133,3	100	147,9	73,3	106,9	100	122,8	93,6	92,7	100	102,1	107,6	84,7	100	75,0	139,5	78,9
	65	26	100	142,0	114,0	133,2	100	150,7	73,7	108,7	100	125,3	95,0	92,9	100	104,9	104,4	85,2	100	77,7	135,9	79,5
	70	28	100	145,8	116,0	135,3	100	155,5	74,2	107,5	100	129,3	96,6	94,0	100	107,9	104,4	85,6	100	80,8	133,3	80,5
	75	30	100	148,5	117,0	137,0	100	159,4	74,0	108,3	100	133,1	97,5	95,0	100	111,5	99,3	86,6	100	83,2	130,1	80,9
	80	32	100	151,0	[illegible]	[illegible]	100	163,4	77,3	105,1	100	135,6	94,6	92,2	100	114,1	96,8	84,5	100	86,3	127,6	79,4

Tabelle 10: Mittlere prozentuale Abweichung der SvZ von WF

WF Merkmal	MTM $\bar{x}$ %		DMT $\bar{x}$ %		BMT $\bar{x}$ %	
M_0 = 100 %	R-A	130.63	h	113.58	A	140.28
M_1 = 100 %	R-B	122.35	w	71.11	B	112.23
M_2 = 100 %	R-C-D	106.65	b	90.82	BV	98.76
M_3 = 100 %			i	109.74	C	91.45
M_4 = 100 %	R-E	63.48	s	142.82	CV	87.73

Nehmen wir das am besten zu vergleichende Element, nämlich die Grundbewegung des Merkmals 0 heraus, so liegen die Zeitwertmittel von MTM + 30.63 %, die von DMT + 13.58 % und die von BMT sogar + 40.28 % über der Work-Factor-Zeit. Dies sind natürlich gravierende Differenzen.

331222. Abweichungsanalyse und Konfidenzgrenzen

Abbildung 4 verdeutlicht die aus Tabelle 9 berechneten Abweichungen. Die ermittelten Abweichungsmittelwerte wurden auf ihre Konfidenzgrenzen bei angenommenen W = 0.95 und p = 1.96 untersucht und die Standardabweichung (σ) der Einzelwerte zu dem rechnerisch ermittelten Mittelwert gebildet.

Hiernach ergaben sich einmal für die Standardabweichung und das relative Streuungsmaß und zum anderen für die sich auf den bei w = 0.95 berechneten Konfidenzbereich hierin enthaltenen Unter- und Obergrenzen p_u und p_o die Werte:

Tabelle 11: Konfidenzgrenzen bei w = 0.95

Grundbewegung	MTM	DMT	BMT
σ	13.50	6.34	14.68
σ_r	10.32%	5.58%	10.42%
p_o	135.82	116.02	145.92
p_u	125.44	111.14	134.64
Merkmal 1			
σ	24.19	6.83	12.41
σ_r	19.70%	9.60%	11.05%
p_o	131.65	73.74	117.00
p_u	113.05	68.48	107.46
Merkmal 2			
σ	16.39	5.52	12.34
σ_r	15.35%	6.09%	12.50%
p_o	112.95	92.94	103.50
p_u	100.35	88.70	94.02
Merkmal 3			
σ	13.57	6.33	13.03
σ_r	15.30%	5.76%	14.29%
p_o	93.88	112.17	96.46
p_u	83.44	107.31	86.44
Merkmal 4			
σ	11.44	8.16	13.87
σ_r	18.10%	5.72%	15.89%
p_o	67.88	145.96	93.06
p_u	59.08	139.68	82.40

331223. Ergebnis

Da, wie schon früher festgestellt, nur ein System vorbestimmter Zeiten richtig sein kann, müßte man aus diesen Ergebnissen schließen, daß zumindest drei der vier Systeme zu ungenauen Resultaten führen. Damit aus den erheblichen Zeitdifferenzen der Systeme keine falschen Schlüsse gezogen werden, sei versucht, diese zum Teil hohen Differenzen zu interpretieren.

Dies führt zur definitionsgemäßen Analyse der in den Tabellen enthaltenen Bewegungszeiten, die reine Ausführungszeiten sein sollen. Gleichzeitig führt aber auch diese Analyse zur Durchleuchtung des Begriffes des "Normalen". Diese reinen Ausführungszeiten der SvZ sollen weder Zuschläge für persönliche Bedürfnisse, Ermüdung und unvermeidbare Verzögerungen noch für Lohnanreizzuschläge oder ähnliches enthalten. Es stellt sich mithin die Frage, ob die Systeme vorbestimmter Zeiten divergierende Bezugsleistungen haben, da z.B. beim Refa-System in der Definition der normalen Intensität ein Bewertungsfaktor für persönliche Bedürfnisse und z.B. Erholung vorgesehen ist. An Hand von Work-Factor und MTM soll gezeigt werden, daß die Bezugsleistung der Systeme vorbestimmter Zeiten nicht gleich sein kann.

Die Work-Factor-Zeit wurde als die Zeit definiert, "die der durchschnittlich erfahrene Arbeiter benötigt, der mit normalem Können und normaler Leistung (entsprechend einem physischen und geistigen Wohlbefinden) unter normalen Arbeitsbedingungen tätig ist, um einen Arbeitszyklus oder einen Arbeitsvorgang an einer Einheit oder einem Stück nach der vorgeschriebenen

Arbeitsmethode und unter Beachtung der geforderten Qualität auszuführen" in der Lage ist. [1)]

Die MTM-Zeit wird als die Bewegungszeit bezeichnet, die von einem Arbeiter benötigt wird, wenn dieser Arbeiter nach Bedaux-Normalleistung arbeitet, also weder außergewöhnlich begabt, noch besonders untüchtig ist und 3/4 der erreichbaren Zeit in einem 8-Stunden-Tag bei der Arbeit einhält. [2)] Durch diese sehr unterschiedlichen Definitionen wird natürlich jeder Vergleich erheblich erschwert. Nach Quick[3)] beträgt die Bedaux-Zeit (= 60 Bedaux-Einheiten) 1.20, wenn die Work-Factor-Zeit 1.0 beträgt. Diese Bedaux-Zeit ist aber die normalisierte oder mit dem Leistungsgrad multiplizierte Zeit in Minuten.

In dem in den USA üblichen normalisierten 60-Minuten-System ist aber gewöhnlich der Lohnanreizzuschlag schon in den mit dem Leistungsgrad multiplizierten Zeitwerten enthalten.

Nach der MTM-Zeitwertdefinition müßte analog hierzu, wenn die MTM-Zeit der Bedaux-Zeit entsprechen sollte, der Schluß gezogen werden, daß in der MTM-Bezugsgröße ein Lohnanreizzuschlag enthalten sein könnte.

---

1) Vgl. auch QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Das Work-Factor-Buch, a.a.O., S. 45 f.
2) Vgl. Kleinstzeit- und Bewegungselemente-Verfahren, Übersetzung des Berichtes der Internationalen Gewerkschaftskonferenz über Auswirkung der Systeme vorbestimmter Zeiten auf die Arbeitsbedingungen, Dortmund 1959, Zusammengestellt von J. Jouffret und F. Hauser, in: Schriftenreihe der IG Metall f. BRD, 1. Nachdruck, o.O. 1964, S. 17.
3) Vgl. QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Das Work-Factor-Buch, a.a.O., S. 48.

Die Abweichungsberechnungen der Tabelle 9, Zeichnung 4, Tabellen 10 und 11 scheinen diesen Schluß zu rechtfertigen, natürlich nur dann, wenn die von Work-Factor aufgestellte Behauptung der direkten Beziehung und Vergleichbarkeit von MTM und Bedaux stimmt.

Für die Fertigungszeitplanung ergibt sich gerade deshalb bei der Fülle der bestehenden Systeme vorbestimmter Zeiten das Dilemma der Auswahl eines Systems, da, isoliert betrachtet, alle Systeme unterschiedliche Zeitwerte für annähernd gleich definierte Bewegungen erhalten und für die Analyse anwenden.

Die Zeitdivergenzen in den Systemen vorbestimmter Zeiten deuten jedoch unseres Erachtens eindeutig darauf hin, daß bei den SvZ unterschiedliche Bezugsleistungen bestehen. Der gleichen Ansicht sind auch Kaminsky und Schmidtke. [1)]

3313. Normalleistung und Leistungsgrad

Alle analytischen Systeme der Fertigungszeitfindung basieren auf dem Begriff der menschlichen Normalleistung.

Diese Bezugsgröße ist jedoch sowohl bei Refa als auch bei den Systemen vorbestimmter Zeiten Basis und Ausgangspunkt. Hiermit eng verbunden ist der Begriff des Leistungsgrades als Zeitbewertungsfaktor.

Eine Unzahl kritischer Stellungnahmen in der Literatur läßt die Problematik der Definition und Abgrenzung des Begriffes

---

1) Vgl. KAMINSKY, G., SCHMIDTKE, H., Arbeitsablauf und Bewegungsstudien, a.a.O., S. 105.

"Normal" erahnen, da es immer äußerst schwierig sein wird, Normalmaße festzulegen.[1)]

Es seien hier verschiedene Literaturstellen erwähnt, die sich mit dem Begriff und der Problematik der "Normalleistung" auseinandersetzen.[2)]

---

1) Vgl. PORNSCHLEGEL, H., BIRKWALD, R., WIESNER, H., Menschliche Leistung und Arbeitsergebnis, a.a.O., S. 35. Zu den Komponenten des Leistungsgrades vgl. BEDORF, H., Die Bedeutung des Leistungsgradschätzens für die Ermittlung der Vorgabezeit, in: ZfhF, NF, 5. Jg. (1953), S. 424-440, hier S. 425 ff.

2) Vgl. FORNALLAZ, P.F., Arbeitsphysiologisches Optimum und Normalleistung, in: Refa-N., 12. Jg. (1959), S. 40-42;
KAMINSKY, G., Die physiologisch-optimale Arbeitsleistung beim Sägen, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und soziale Betriebspraxis, 9. Jg. (1955), S. 54-57;
MÜLLER, E.A., Bemerkungen zum Beitrag "Arbeitsphysiologisches Optimum und Normalleistung von P.F. Fornallaz, in: Refa-N., 12. Jg. (1959), S. 43-44;
EULER, H., u.a., Theorie und Praxis, Kritik und Mängel der bisherigen Leistungsentlohnung, a.a.O., S. 77;
KUPKE, E., Beiträge zur Frage des Leistungsgrades und der Vorgabezeit, 2. Aufl., München 1951;
EULER, H., Zeitstudien im Blickfeld der Statistik, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und soziale Betriebspraxis, 19. Jg. (1965), S. 125-139, hier S. 136 f;
REHHAHN, H., Methodische Probleme des Arbeitsstudiums, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und soziale Betriebspraxis, 12. Jg. (1958), S. 145-152;
BRAMESFELD, E., Schätzen als Methode, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und soziale Betriebspraxis, 1. Jg. (1947), S. 164-170;
BÖHRS, H., Die Leistungsgradbewertung in der Zeitstudie, in: Zeitschrift für Organisation, 10. Jg. (1936), S. 361-366;
BÖHRS, H., PECHOLD, E., Methodische Übungen im Leistungsgradschätzen, in: Refa-N., 5. Jg. (1952), S. 31-36;
BÖHRS, H., Mißverständnisse um den menschlichen Leistungsgrad, in: Refa-N., 7. Jg. (1954), S. 76-80;
BÖHRS, H., Normalleistung und Erholungszuschlag in der Vorgabezeit, a.a.O., S. 28 ff;

- Fortsetzung -

Der Verband für Arbeitsstudien definiert die Normalleistung als "diejenige menschliche Leistung, die bei ausreichender Eignung und bei voller Übung nach vollzogener Einarbeitung und bei normalem wirksamen Kräfteeinsatz im Mittelwert der natürlichen Leistungsschwankungen des einzelnen Arbeiters während der beeinflußbaren Zeit aufeinanderfolgender Schichten ohne Gesundheitsschädigung von allen denjenigen Arbeitern erreicht und erwartet wird, die den obigen Voraussetzungen genügen". [1)]

Eine eindeutige quantitative Bestimmung der Normalleistung wird nie möglich sein, da der Begriff des "Normalen" nicht objektiv meßbar, sondern immer Gegenstand subjektiver Definitionen bleiben wird (normative Wissenschaft).

Analog zur Kritik der Bezugsbasis des Refa-Systems muß auch die in Kapitel 331223. näher betrachtete Bezugsbasis der Systeme vorbestimmter Zeiten kritisiert werden.

(Fortsetzung der Fußnote 2) von S. 126)
BÖHRS, H., Probleme der Vorgabezeit, München 1950, S. 10 ff und S. 51 ff;
BÖHRS, H., Was soll der menschliche Leistungsgrad eigentlich in Prozenten ausdrücken, in: Refa-N., 8. Jg. (1955), S. 40-42;
SAUER, H., Zur Problematik des Leistungsgradschätzens, in: Refa-N., 6. Jg. (1953), S. 86-88;
AMANN, E., MAUCHER, H., STEHLE, W., Asymmetrische Häufigkeitskurven der Stückzeiten, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und soziale Betriebspraxis, 7. Jg. (1953), S. 3-6;
ANDERSON, C.A., Leistungsgradschätzen, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil III, a.a.O., S. 71-100.

1) Vgl. BÖHRS, H., Normalleistung und Erholungszuschlag, a.a.O., S. 76, Definition des Refa-Hauptausschusses vom 2.12.1948.

Es kann hierzu generell festgestellt werden, daß bei den Systemen vorbestimmter Zeiten weder eine Parallelität zur Refa-Definition besteht, noch die Systeme untereinander, was die Bezugsbasis betrifft, auf einen Nenner gebracht werden können.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Definitionen und ihres Inhaltes ist das Bestreben der Gewerkschaften, die Normalleistungen der Systeme vorbestimmter Zeiten in sogenannte "Normleistungen" umzufunktionieren, nur zu gut zu verstehen. Hierdurch wären die Gewerkschaften nämlich in der Lage, die Werte der SvZ zu beeinflussen und eine tarifvertragliche Fixierung im voraus festzusetzen.[1)]

Wenn dies gelingen sollte, so wären die Tarifpartner gezwungen, über die Zeitwerte zu diskutieren, was sogar schon zum Teil in den Betrieben geschieht. Dies wurde durch unsere Umfrage bestätigt.

Mithin wäre das Mitspracherecht der Gewerkschaft gesichert. Solange es jedoch Systeme gibt, die vorwiegend von subjektiven Faktoren beeinflußt werden, ist es unseres Erachtens nicht möglich, hierfür einen geeigneten und auch anwendbaren quantitativen Maßstab zu finden. Es wird demnach zunächst immer noch Diskussionsthema erster Ordnung zwischen den Tarifpartnern sein, sich über die Bezugsgrößen und ihre Abgrenzung auseinanderzusetzen.

---

1) Vgl. vorgeschlagene Richtlinien zur Anwendung von Kleinstzeit- und Bewegungselemente-Verfahren einiger deutscher Gewerkschaften, in: Kleinstzeit- und Bewegungselementeverfahren, a.a.O., S. 50; vgl. auch FANKHAUSER, G., Wie gut sind die MTM-Vorgabezeiten, in: Werkstatt und Betrieb, 96. Jg. (1963), S. 95-99, hier S. 95.

33131. Problematik des Leistungsgradschätzens

Der das Leistungsniveau repräsentierende Ausgleichsfaktor ist der Leistungsgrad, der für jeden Arbeitsvorgang geschätzt werden muß. Es ist nämlich nicht möglich, die am Arbeitsplatz gemessenen Ist-Zeiten für die Leistungsentlohnung, Vorkalkulation oder Terminplanung universell anzuwenden, da sie im Leistungsniveau des einzelnen Arbeiters streuen.[1)]

Aufgrund der Vielzahl der beim Leistungsgradschätzen zu beachtenden Faktoren wird jedoch eine enge Fixierung des absolut richtigen Wertes erheblich erschwert.

De Jong[2)] ermittelte je Zeitstudie für das Leistungsgradschätzen eine relative Genauigkeit von 7 - 12 %.

Euler und andere[3)] sind der Meinung, daß die Streubreite des Schätzergebnisses mit kleiner werdendem zu schätzendem Leistungsanteil größer wird. Bei einer Vorgabeleistung, die aus mehreren kleinen Normalleistungsanteilen zusammengesetzt sei, nehme die Treffsicherheit weiter ab, wenn sich die Schätzfehler addieren.

Da empirische Untersuchungen[4)] meist größere Schätzfehler

---

1) Vgl. PECHOLD, E., Über die Treffsicherheit von Leistungsgradschätzungen, a.a.O., S. 6.
2) Vgl. DE JONG, J.R., Die Genauigkeit von Vorgabezeiten, in: Refa-N., 10. Jg. (1957), S. 127-134, hier S. 129.
3) Vgl. EULER, H., STEVENS, H., HEIMANSBERG, B., Theorie und Praxis, Kritik und Mängel der bisherigen Leistungsentlohnung, a.a.O., S. 75.
4) Vgl. FORNALLAZ, F., Neue Wege zur Ausbildung im Leistungsgradschätzen, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 117-123, hier S. 120; DAUBERT, H., Ein Beitrag zum Thema Leistungsgrad, in: Refa-N., 11. Jg. (1958), S. 134;

- Fortsetzung -

aufweisen, als die von Refa genannte ± 5 % Abweichung, muß man strenggenommen zu dem Schluß kommen, daß ein Schätzen menschlicher Leistung sehr schwer, wenn nicht sogar unmöglich ist.

Es ist außerdem sehr schwierig, subjektive Größen zu objektivieren. Auch der Versuch von Johann,[1] mit Hilfe der linearen Regression die Leistung zu bestimmen, ist wegen der Subjektivität der Ereignisse, der großen Anzahl unterschiedlicher zu analysierender Fertigungsprozesse und den sich ständig ändernden Situationen und Arbeitsbedingungen rein theoretischer Natur.

Die von Johann ermittelten Werte praktischer Versuche sind jedoch trotzdem von Bedeutung, da die erheblichen Abweichungen von der Ausgleichsgeraden der Regressionslinie die Unzulänglichkeiten der Leistungsgradfixierung bestätigen.

Johann ermittelte nämlich Abweichungen von 6 % bis 11 %, wobei die Streuung der Verrichtungszeiten mit größer werdendem Anteil der komplizierten Arbeits- und Bewegungselemente

---

(Fortsetzung der Fußnote 4) von S. 129)
Daubert spricht von einem Mythos der ± 5 % Toleranz, der endlich einer Klärung bedürfe;
PORNSCHLEGEL, H., BIRKWALD, R., WIESNER, H., Menschliche Leistung und Arbeitsergebnis, a.a.O., S. 17.

1) Vgl. JOHANN, H.P., Analytische Untersuchungen über die Treffsicherheit und Zuverlässigkeit des Leistungsgradschätzens und der Vorgabezeitermittlung mit Hilfe mathematisch-statistischer Verfahren, Dissertation Aachen 1964, S. 18 ff, S. 32 ff, S. 43; "Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß die Genauigkeit des Leistungsgradschätzens bei der durchgeführten Untersuchung nicht in allen Fällen in vertretbaren Grenzen geblieben ist."

am Globalarbeitsprozeß anstieg.

33132. Kritische Betrachtungen zum Leveling-System

Besonders das MTM-Verfahren baut im Gegensatz zu Work-Factor auf dem von Lowry, Maynard und Stegemerten konzipierten "Leveling-System" auf.[1] Durch dieses System soll angeblich das problematische Leistungsgradschätzen eliminiert worden sein.

Von der WOFAC wurde nach Aussagen von Quick das Leveling-System für Leistungsgradschätzungen nicht verwandt, sondern sich auf Methoden des Leistungsgradschätzens, wie bei normalen Zeitstudien üblich, konzentriert.

Die WOFAC teilte hierzu mit:
"The time studies were to be rated to provide a common reference pace for all of the observations. The rating technique employed was to be a performance leveling procedure the same as that employed for rating piecework studies in actual shop practice. Only well-qualified engineers with several years' experience in making time studies were to participate in the research."[2]

Es ist, da anscheinend auch in diesem Punkt in der Entwicklung der Systeme vorbestimmter Zeiten unterschiedliche Auffassungen bestehen, demnach zu prüfen, ob die unterschied-

---

1) Vgl. LOWRY, M., MAYNARD, H.B., STEGEMERTEN, G.J., Time and Motion Study and Formulas for Wage Incentives, Third Edition, New York-London 1940, S. 226 ff.
2) Schreiben vom 25.9.1969 von Ted Ulman, WOFAC.

liche Leistungsgradermittlungen zu wesentlichen Fehlern führen.

Die Probleme und Abweichungen des herkömmlichen Leistungsgradschätzens der Ist-Zeitstudie wurden schon in Kapitel 33131. angeschnitten.

Das Leveling-Verfahren soll deshalb hier näher untersucht werden. Für dieses Verfahren gibt es die unterschiedlichsten Bezeichnungen, wie z.B. "LMS-Verfahren",[1] "Westinghouse-System",[2] "Leveling-System"[3] und "Nivellierungsmethode".[4]

Beim Leveling-System wird die Leistung eines Arbeiters analysiert und dabei in vier Komponenten zerlegt, nämlich

1. Geschicklichkeit (Skill),
2. Anstrengung (Effort),
3. Arbeitsbedingungen (Conditions),
4. Gleichmäßigkeit (Consistency).

Die Leistung eines Arbeiters kann nach diesem System symbolisch wie folgt definiert werden:

$$L_A = S_A + E_A + Cd_A + C_{S_A} \qquad (1)$$

---

1) Vgl. KARGER, D.W., BAYHA, F.H., Engineered Work Measurement, a.a.O., S. 77.
2) Vgl. NIEBEL, B.W., Motion and Time Study, a.a.O., S. 280.
3) Vgl. LOWRY, M., MAYNARD, H.B., STEGEMERTEN, G.J., Time and Motion Study and Formulas for Wage Incentives, Third Edition, New York-London 1940, S. 226 ff.
4) Vgl. FORNALLAZ, F., Arbeitsgestaltung und vorbestimmte Zeiten, in: Refa-N., 9. Jg. (1956), S. 10-17, hier S. 10.

L_A : Leistung des Arbeiters
S_A : Skill des Arbeiters
E_A : Effort des Arbeiters
Cd_A : Conditions des Arbeiters
C_{S_A} : Consistency des Arbeiters.

Diese vier Leistungskomponenten sind wiederum jeweils in 6 Bewertungsfaktoren und 2 Bewertungsuntergruppenfaktoren unterteilt. Es gibt demnach pro Leistungskomponente 11 Bewertungsmöglichkeiten, da der den Durchschnitt symbolisierende Bewertungsfaktor jeweils nur einen Bewertungsuntergruppenfaktor hat. Das Schema des Leveling-Systems ist in Übersicht 13 dargestellt.

Durch "synthetisches Nivellieren" erhält man den Leistungsgrad. Der Normalpunkt wurde bei diesem Verfahren so gewählt, daß "er den Leistungen eines mittelgut trainierten Arbeiters entspricht". [1)]

Der Leistungsgrad wird wie folgt ermittelt:

$$F\lambda_L = 1.00 + f\lambda_1 + f\lambda_2 + \ldots + f\lambda_n \qquad (2)$$

$$F\lambda_L = 1.00 + \sum_{i=1}^{n} f\lambda_i \qquad (3)$$

$$f\lambda_i \gtrless 0 \; ; \quad i = 1 \ldots n \ldots 4 \quad n = 1, 2, 3, 4$$

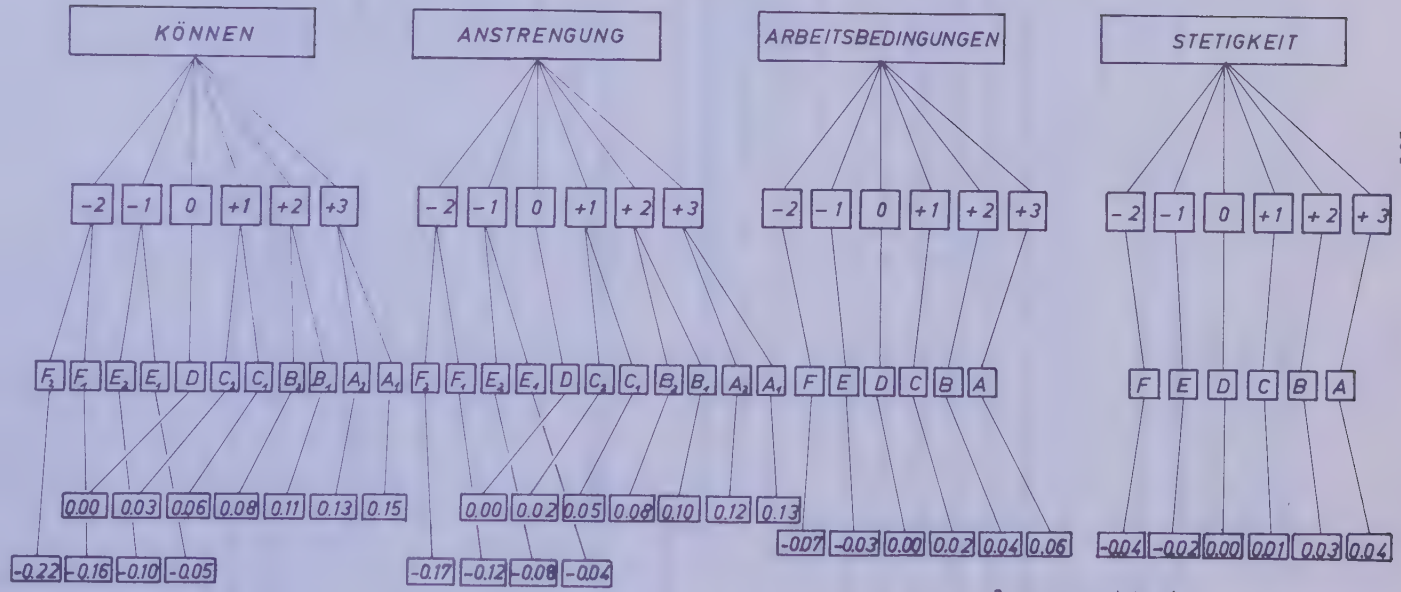
$$F\lambda_i \cdot 100 = \lambda[\%] \qquad (4)$$

---

1) Vgl. FANKHAUSER, G., Betrachtungen zum Leveling-Verfahren, in: Werkstattstechnik, 51. Jg. (1961), S. 254-258, hier S. 257.

ÜBERSICHT: 13

Übersicht über das Leveling-System



+3 = ausgezeichnet
+2 = sehr gut
+1 = gut
0 = durchschnittlich
-1 = angemessen
-2 = gering

Kurzzeichen:

F_{λ_L} : Leistungsgradfaktor des Leveling (Grundwert = 1.00 = 100 % = Normal)

f_{λ_i} : Bewertungsuntergruppenfaktor

λ : Leistungsgrad

Beispiel berechnet aus Übersicht 13:

Grundwert	1.00	(100 % = Normal)
Skill	B_2 + 0.08	(8 % über Normal)
Effort	C_1 + 0.05	(5 % über Normal)
	+ 1.13	(113 % Leistungsgrad)

Der maximal mögliche Leistungsgrad des Leveling-Verfahrens liegt bei 128 % und der minimale bei 61 %. Die Extremwerte verhalten sich demnach 2.1 : 1.[1)]

Bei dem Globalleistungsgradschätzen der Istzeitmessung vergleicht der Zeitnehmer die Leistung aufgrund eines subjektiven Maßstabes. Die Festsetzung der Leistungsgradhöhe ist demnach in das Ermessen des Analytikers gestellt.

Beim Leveling-System sollen jedoch kleine Methodenänderungen durch vorher genau fixierte Regeln quantitativ ausgedrückt werden können. Über den Wert des Leveling-Systems bestehen unterschiedliche Ansichten. Während Fankhauser[2)] zu dem Er-

1) Vgl. FANKHAUSER, G., Betrachtungen zum Leveling-Verfahren, a.a.O., S. 257.
2) Vgl. FANKHAUSER, G., Betrachtungen zum Leveling-Verfahren, a.a.O., S. 254 ff.

gebnis kommt, daß Globalschätzungsmethode und Leveling-Verfahren zu annähernd gleichen Resultaten führen, lehnt Presgrave,[1] ebenso wie auch Holmes, das Verfahren als unwissenschaftlich ab, da hier Durchschnittszeiten anstatt ausgewählter Zeiten gewonnen würden und daß weder die Arbeitsbedingungen (conditions) noch die Gleichmäßigkeit (consistency) quantitativ erfaßbar seien.

Um das Problem der Quantifizierung dieser Größen zu eliminieren, werden die beiden Faktoren des LMS-Systems von der MTM-Vereinigung[2] wie folgt interpretiert:
"Arbeitsbedingungen und Stetigkeit sollen in erster Linie dem Analytiker einen Hinweis geben, daß dieser Arbeitsplatz noch nicht reif für eine Zeitaufnahme ist. Diese sollte erst durchgeführt werden, wenn sowohl Arbeitsbedingungen (äußere Einflüsse) und Stetigkeit (stark streuende Einzelzeiten, die auf eine mangelnde Einübung schließen lassen), beseitigt sind."

Diese nachträgliche Interpretation kann jedoch bei objektiver Prüfung der Tauglichkeit des Leveling-Systems nicht berücksichtigt werden, da nur das, was mit Fakten belegt ist, nachprüfbar ist und nicht das, was dort stehen sollte.

Da im LMS die beiden Größen definitiv enthalten und auch noch mit Zahlen belegt sind, muß davon ausgegangen werden, daß eine Quantifizierung dieser Faktoren beabsichtigt war.

1) Vgl. PRESGRAVE, R., Leistungsgradschätzen, in: Arbeitswissenschaftlicher Auslandsdienst, April 1952, S. 3 ff.
2) Vgl. Schreiben vom 2.10.1969 von W. Helms, MTM-Vereinigung.

Fornallaz[1] lehnt diese Methode wegen der hierin enthaltenen Additivitätshypothese ab. Außerdem seien die einzelnen Summanden nicht eindeutig definiert.

Die Frage der Additivität der Untergruppenelemente des Leveling-Systems scheint für die MTM-Vereinigung ohne Bedeutung zu sein,[2] da es sich sowieso nur um geschätzte Werte beim LMS handele. Wegen der erheblichen Meinungsverschiedenheiten über den Wert des Leveling-Systems hat es sich der Verfasser zur Aufgabe gemacht, an Hand eines von Fankhauser[3] angeführten Beispiels, was objektiv beurteilt als richtig zu bezeichnen ist, das Leveling-System eingehender zu analysieren und zu beurteilen. Die Prüfung bezog sich hauptsächlich auf die Richtigkeit der im Leveling-System enthaltenen Additivitätshypothese.

Nach dem Leveling-System ergibt sich die Normalzeit aus:

$$t_N = t_t \cdot F_\lambda \qquad (5)$$

$$F_{\lambda_L} = 1.00 + f_{\lambda_1} + \ldots + f_{\lambda_n} \qquad (2)$$

(nach Leveling)

An Hand des Autofahrerbeispiels zeigt Fankhauser, daß nicht die in F_{λ_L} enthaltene Addition die richtige Kombinationsmög-

---

1) Vgl. FORNALLAZ, F., Arbeitsgestaltung und vorbestimmte Zeiten, a.a.O., S. 14.
2) Vgl. Schreiben vom 2.10.1969 von W. Helms, MTM-Vereinigung.
3) Vgl. FANKHAUSER, G., Betrachtungen zum Leveling-Verfahren, a.a.O., S. 254 ff.

lichkeit ist, sondern nur die Multiplikation richtig sein kann.

1. Ein Autofahrer fährt von A nach B.
2. Seine vorgeschriebene Fahrzeit beträgt:

$$t_N = \frac{d_N}{V_N} \tag{6}$$

Sie wird als "Normalfahrzeit" definiert.

3. Hält der Fahrer den vorgeschriebenen Idealweg nicht ein, so ergibt sich:

$$t_N = t_t \cdot F_{GESAMT} \tag{7}$$

4. Für F_{GESAMT} ergibt sich demnach:

$$F_{GESAMT} = \frac{t_N}{t_t} \tag{8}$$

5. F_{GESAMT} kann jedoch in 2 Einzelkorrekturfaktoren aufgeteilt werden:
   a) F_d ⟶ für den Weg
   b) F_V ⟶ für die Geschwindigkeit
6. Für F_{GESAMT} ergibt sich:

$$F_{GESAMT} = \frac{t_N}{t_t} = \frac{d_N \cdot V_t}{V_N \cdot d_t} \tag{9}$$

7. Da definitionsgemäß

$$\frac{d_N}{d_t} = F_d$$

und

$$\frac{V_t}{V_N} = F_V \tag{10}$$

ist, so ergibt sich für

$$F_{GESAMT} = F_d \cdot F_V \tag{11}$$

8. Bezeichnet man mit F_d den Einzelkorrekturfaktor für Geschicklichkeit und mit F_V den Korrekturfaktor für Anstrengung, so ergibt sich eindeutig, daß

$$F_{\lambda_L} = 1.00 + (f_{\lambda_1} \cdot f_{\lambda_2} \cdot \ldots \cdot f_{\lambda_n})$$

ist und daß der korrekte Weg der Ermittlung des Leistungsgradfaktors F_{λ_L} die Multiplikation der Einzelkorrekturfaktoren f_{λ_i} ist und nicht die Addition.

Erklärung der Kurzzeichen:

t_N	Normalfahrzeit
d_N	Normalentfernung der Länge x
V_N	Normalgeschwindigkeit
t_t	tatsächlich benötigte Zeit
V_t	tatsächliche Geschwindigkeit
d_t	tatsächlich zurückgelegte Entfernung
F_d	Einzelkorrekturfaktor für die Entfernung
F_V	Einzelkorrekturfaktor für die Geschwindigkeit
F_{GESAMT}	Gesamtkorrekturfaktor, der die Abweichung zu t_N angibt

Aufgrund dieser Analyse muß die Frage untersucht werden, ob die dem Leveling-System zugrunde liegende Addition zu großen Fehlerquellen führt. Hierzu sei zunächst das von Fankhauser angeführte Beispiel analysiert, um danach weiterführende Untersuchungen anzustellen.
Tabelle 12 gibt das Beispiel Fankhausers wieder.

Diese Betrachtung zeigt eindeutig, daß zwischen der richtigen Multiplikation und der im LMS verwendeten Addition sowohl absolut als auch prozentual Fehler auftreten.

Fankhauser erhielt für die beiden untersuchten Faktoren "Geschicklichkeit" und "Anstrengung" absolute Abweichungen von - 0.2 bis - 3.74 Einheiten vom multiplikativ errechneten Wert, wohingegen die prozentualen Abweichungen zwischen 0.22 % und 5.78 % liegen.

Hieraus leitet Fankhauser ab, daß sich die durch die Addition ergebenden Werte zu keinen wesentlichen Analysenfehlern in bezug auf das korrekte Verfahren der Multiplikation führen.

Auch die MTM-Vereinigung ist der Ansicht, daß das LMS-Verfahren durchaus anwendbar ist und daß der Frage der additiven oder multiplikativen Verkettung der Leistungsgradkomponenten unter praktischen Gesichtspunkten keine große Bedeutung beizumessen ist. Dies vor allem deshalb, weil es sich ja ohnehin beim Leveling um geschätzte Werte handele. [1)]

Unserer Ansicht nach scheint diese These nicht akzeptabel, da von jedem Leistungsgradsystem - gleich welcher Art - erhebliche Beeinflussungen ausgehen können.

Gerade weil das LMS ein wesentlicher Bestandteil des MTM-Systems ist, spiegelt sich in der Genauigkeit der zugrunde liegenden Methoden die Effizienz der Ergebnisse nicht zuletzt für die betriebliche Anwendbarkeit wider.

---

1) Vgl. Schreiben vom 2.10.1969 von W. Helms, Deutsche MTM-Vereinigung e.V., Hamburg.

Will man herausfinden, ob eine Multiplikation oder eine Addition zu richtigen Werten führt, so müssen:

1. die beiden im Leveling-System noch enthaltenen Komponenten "Arbeitsbedingungen" (conditions) und "Stetigkeit" (consistency) mit in die Analyse einbezogen werden und
2. diese vier Bewertungsfaktoren im Rahmen der beiden hier zu behandelnden Kombinationen auf ihre Abweichungen untersucht werden.

Erst wenn die Abweichungen insgesamt betrachtet gegen Null tendieren, kann von einer vollständigen Gleichheit der beiden Analysierverfahren gesprochen werden.

Um die Abweichungen zu verdeutlichen, wurden in Tabelle 13 einige Kombinationsmöglichkeiten herausgezogen. Hierbei ergab sich, daß die Leistungsgrade der Addition absolut betrachtet zwischen - 0.23 und - 5.26 von den errechneten Werten der Komponentenmultiplikation differierten.

Der prozentuale Fehler bewegt sich zwischen 0.258 % und 7.57 %. Würde man sich vom Mittelwertgedanken tragen lassen und zur Rechtfertigung der Addition einen mittleren Abweichungswert errechnen, so ergäbe sich zwar nur eine Abweichung von absolut 1.04 bei Fankhausers Beispiel und 1.556 bei Tabelle 13, jedoch würde das relative Streuungsmaß so große Abweichungen vom Mittelwert der Abweichungen aufzeigen, daß weder vom Beispiel der Tabelle 12 noch der Tabelle 13 auf eine Ergebnisgleichheit oder zumindest nur geringfügige Fehlerquellen geschlossen werden könnte.

Zusammenfassend kann demnach festgestellt werden (Tabelle 14),

Tabelle 12: Untersuchung der Abweichungen des Leveling-Systems nach Fankhauser

Untersuchte Fälle	Multiplikation				Addition			Fehlerberechnung		
	Berechnung	F_d	F_v	F_{Gesamt}	F_d	F_v	F_{Gesamt}	effektiv	in %	
Geschickl. Anstrengung	80=100-20 95=100- 5	80	95	80x 95 = 76	- 20	- 5	100-20- 5 =75	- 1	1.32	Autofahrerbeispiel
A_1 Geschickl. A_1 Anstrengung	115=100+15 113=100+13	115	113	115x113 =129.95	+ 15	+ 13	100+15+13 128	- 1.95	1.5	Maximalwert n. Leveling
A_2 Geschickl. A_2 Anstrengung	113=100+13 112=100+12	113	112	113x112 =126.56	+ 13	+ 12	100+13+12 125	- 1.56	1.23	Leveling - Verfahrenswerte
B_1 Geschickl. B_1 Anstrengung	111=100+11 110=100+10	111	110	111x110 =122.1	+ 11	+ 10	100+11+10 121	- 1.10	0.90	
B_2 Geschickl. B_2 Anstrengung	108=100+ 8 108=100+ 8	108	108	108x108 =116.64	+ 8	+ 8	100+ 8+ 8 116	- 0.64	0.55	
C_1 Geschickl. C_1 Anstrengung	106=100+ 6 105=100+ 5	106	105	106x105 =111.30	+ 6	+ 5	100+ 6+ 5 111	- 0.30	0.27	
E_1 Geschickl. E_1 Anstrengung	95=100- 5 96=100- 4	95	96	95x 96 = 91.20	- 5	- 4	100- 5- 4 91	- 0.20	0.22	
E_2 Geschickl. E_2 Anstrengung	90=100-10 92=100- 8	90	92	90x 92 = 82.80	- 10	- 8	100-10- 8 82	- 0.80	0.97	
F_1 Geschickl. F_1 Anstrengung	84=100-16 88=100-12	84	88	84x 88 = 73.92	- 16	- 12	100-16-12 72	- 1.92	2.60	
F_2 Geschickl. F_2 Anstrengung	78=100-22 83=100-17	78	83	78x 83 = 64.74	- 22	- 17	100-22-17 61	- 3.74	5.78	Minimalwert n. Leveling

Tabelle 13: Vergleich von Multiplikation und Addition beim Leveling-Verfahren unter Einbeziehung aller Untergruppenfaktoren

Multiplikation									Addition									Fehler absolut	Fehler in %
Geschicklichkeit		Anstrengung		Arbeitsbedingung		Stetigkeit		Ergebnis	Geschicklichkeit		Anstrengung		Arbeitsbedingung		Stetigkeit		Summe		
A_1	115	A_1	113	A	106	A	104	143.26	A_1	+ 15	A_1	+ 13	A	+ 6	A	+ 4	138	- 5.26	3.68
A_2	113	A_2	112	A	106	A	104	139.52	A_2	+ 13	A_2	+ 12	A	+ 6	A	+ 4	135	- 4.52	3.24
A_1	115	A_1	113	B	104	B	103	139.20	A_1	+ 15	A_1	+ 13	B	+ 4	B	+ 3	135	- 4.20	3.02
A_2	113	A_2	112	B	104	B	103	135.57	A_2	+ 13	A_2	+ 12	B	+ 4	B	+ 3	132	- 3.57	2.64
A_1	115	A_1	113	C	102	C	101	133.87	A_1	+ 15	A_1	+ 13	C	+ 2	C	+ 1	131	- 2.87	2.15
A_2	113	A_2	112	C	102	C	101	130.38	A_2	+ 13	A_2	+ 12	C	+ 2	C	+ 2	129	- 1.38	1.06
A_1	115	A_1	113	D	100	D	100	129.95	A_1	+ 15	A_1	+ 13	D	+ 0	D	+ 0	128	- 1.95	1.50
A_2	113	A_2	112	D	100	D	100	126.56	A_2	+ 13	A_2	+ 12	D	+ 0	D	+ 0	125	- 1.56	1.23
A_1	115	A_1	113	E	97	E	98	123.53	A_1	+ 15	A_1	+ 13	E	- 3	E	- 2	123	- 0.53	0.43
A_2	113	A_2	112	E	97	E	98	120.31	A_2	+ 13	A_2	+ 12	E	- 3	E	- 2	120	- 0.31	0.258
A_1	115	A_1	113	F	93	F	96	116.02	A_1	+ 15	A_1	+ 13	F	- 7	F	- 4	117	+ 0.98	0.845
A_2	113	A_2	112	F	93	F	96	112.99	A_2	+ 13	A_2	+ 12	F	- 7	F	- 4	114	+ 1.01	0.896
B_1	111	B_1	110	B	104	B	103	130.79	B_1	+ 11	B_1	+ 10	B	+ 4	B	+ 3	128	- 2.79	2.14
B_2	108	B_2	108	B	104	B	103	124.94	B_2	+ 8	B_2	+ 8	B	+ 4	B	+ 3	123	- 1.94	1.56
C_1	106	C_1	105	C	102	C	101	114.66	C_1	+ 6	C_1	+ 5	C	+ 2	C	+ 1	114	- 0.66	0.576
C_2	103	C_2	102	C	102	C	101	108.23	C_2	+ 3	C_2	+ 2	C	+ 2	C	+ 1	108	- 0.23	0.212
E_1	95	E_1	96	E	97	E	98	86.69	E_1	- 5	E_1	- 4	E	- 3	E	- 2	86.0	- 0.69	0.795
E_2	90	E_2	92	E	97	E	98	78.71	E_2	- 10	E_2	- 8	E	- 3	E	- 2	77.0	- 1.71	2.18
F_1	84	F_1	88	F	93	F	96	65.99	F_1	- 16	F_1	- 12	F	- 7	F	- 4	61.0	- 4.99	7.57
F_2	78	F_2	83	F	93	F	96	57.80	F_2	- 12	F_2	- 17	F	- 7	F	- 4	60.0	+ 2.20	3.81

daß anscheinend doch größere Differenzen bei der Untersuchung aller vier Bewertungsgrößen auftreten, als von Fankhauser angenommen.

Sowohl die absoluten als auch vor allem die prozentualen Abweichungen tendieren nach oben, wenn man das gesamte Leveling-System (einschließlich der Faktoren "Arbeitsbedingungen" und "Stetigkeit") auf seine Abweichungen zur korrekten Methode der Multiplikation hin untersucht.

Tabelle 14: Ergebnisse der Abweichungsuntersuchung

	Abweichungen absolut	Abweichungen in %
Beispiel Tabelle 12 nach Fankhauser	von - 0.2	von 0.22
2 Komponenten	bis - 3.74	bis 5.78
Beispiel Tabelle 13	von - 0.23	von 0.258
4 Komponenten	bis - 5.26	bis 7.57

Aufgrund der vorangegangenen Untersuchung muß also an der Genauigkeit der Methode des Leveling-Systems und damit am Ergebnis gezweifelt werden. Besonders die Additivitätshypothese für die Bewertungskomponenten muß als nicht exakt abgelehnt werden (vgl. Tabellen 12, 13 und 14).

Im Leveling-System wird der Versuch gemacht, zahlenmäßig kaum faßbare Teilkomponenten in ein quantitatives engmaschi-

ges Schema zu pressen.[1] Besonders problematisch scheint also die Meßbarkeit der Faktoren "Arbeitsbedingungen" und "Stetigkeit", auch wenn die MTM-Vereinigung der Ansicht ist, daß diese beiden Komponenten in erster Linie dem Analytiker einen Hinweis dafür geben sollen, daß der zu analysierende Arbeitsplatz in der dargebotenen Form noch nicht reif für eine Zeitaufnahme ist. Da keine direkte Eindeutigkeit in bezug auf die den einzelnen Systemen vorbestimmter Zeiten zugrunde liegenden Leistungsniveaus besteht, ist dieses Leveling-System keine Lösung des Leistungsgradproblems, sondern nur eine Verschiebung.

Man muß sich unseres Erachtens, wie schon erwähnt, grundsätzlich davon frei machen, daß Refa-, MTM- und WF-Normalleistung denselben Inhalt haben. Die MTM-Vereinigung steht deshalb auf dem Standpunkt, daß bei tariflichen Regelungen die Systeme vorbestimmter Zeiten nicht einheitlich abgehandelt werden können, da die einen bei ihren Normalzeiten ein "medium task" und die anderen ein "high task" unterstellen.[2]

Für die Genauigkeit und Vergleichbarkeit der Bezugsgröße der SvZ ist es also unerläßlich,

a) entweder den Normalleistungsbegriff jedes SvZ genau fest-

---

1) Vgl. PRESGRAVE, R., The Dynamics of Time Study, Second Edition, New York 1945, zitiert nach GOMBERG, W., A Trade Union Analysis, a.a.O., S. 182: "To rate for skill, to attempt to measure it and express it by a number, is a fault."

2) Vgl. Schreiben vom 2.10.1969 von W. Helms; vgl. auch HELM, R., MTM und Refa, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 7. Jg. (1969), S. 87-90 und S. 197-199, hier S. 89.

zulegen und zu interpretieren oder

b) einen einheitlichen Leistungsbegriff für alle SvZ und die Zeitstudie zu prägen.

In der dargebotenen Form bietet das Leveling-System keine grundlegend neuen Erkenntnisse. Es unterscheidet sich in der Effizenz der Ergebnisse nicht wesentlich von den traditionellen Leistungsgradschätzmethoden. Der Anspruch auf Eindeutigkeit und korrektere Ergebnisse durch angebliches Eliminieren des Leistungsgradschätzens kann unseres Erachtens nicht bejaht werden, da die in den Tabellen offengelegten Werte genauso wie jedes andere Zeitfindungssystem subjektive Größen enthalten. Die Problematik des Leistungsgradschätzens nach Refa besteht also auch bei den auf dem LMS basierenden SvZ weiter. [1)]

332. Aussagefähigkeit von Arbeitsprozeßanalysen

Die sich aus Tabelle 10 ergebenden mittleren Abweichungsprozentsätze der Systeme vorbestimmter Zeiten lassen sich auch durch Fertigungszeitanalysen der verschiedenen Verfahren bestätigen. An Hand einiger einfacher Arbeitsbeispiele sollen

---

1) Hamdy ist der Ansicht, daß die Genauigkeit der in den SvZ enthaltenen Zeitwerte durch das Leveling-System erheblich gemindert ist; vgl. hierzu HAMDY, Mostafa, HAMDY, Ahmed, Kritische Betrachtungen einiger in den USA entwickelten Verfahren zur Bestimmung des Leistungsgrades, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaften und soziale Betriebspraxis, 15. Jg. (1961), S. 169-175, hier S. 171.
Presgrave stellt hierzu fest, daß "der Versuch, die Geschicklichkeit zu schätzen, ... ein offenes Eingeständnis der Unfähigkeit als Beobachter und Analytiker" ist; vgl. PRESGRAVE, R., Leistungsgradschätzen, a.a.O., S. 4.

die Zeitunterschiede für die Fälle verdeutlicht werden, bei denen nicht Einzelbewegungen miteinander verglichen werden, sondern Globalarbeitsvorgänge.

1. Arbeitsbeispiel:

Obwohl die WFGD (Work-Factor-Gemeinschaft für Deutschland e.V.) auf dem Standpunkt steht, daß die "Hammerschlaganalyse"[1] für Systemvergleiche nicht sehr gut geeignet sei, da es sich hierbei um ballistische Bewegungen handele,[2] vertreten wir die Ansicht, daß gerade solche ballistischen Bewegungsabläufe, z.B. das Nieten oder jegliche Tätigkeit mit dem Hammer, sehr häufig notwendiger Bestandteil eines Teiles einer Arbeitsanalyse sein muß. Es erscheint uns deshalb doch sinnvoll, einmal aufgrund solcher Grenzgebiete und zum anderen aufgrund einer Normalanalyse die Zeitunterschiede herauszuarbeiten. Durch eine Analyse dieser Art kann jedoch keine generelle Aussage über Zeitdifferenzen gemacht werden; es können jedoch tendenzielle Unterschiede

---

1) Vgl. KAMINSKY, G., SCHMIDTKE, H., Arbeitsablauf und Bewegungsstudien, a.a.O., S. 100 und 103.
Diese sogenannte "Hammerschlaganalyse" wurde von diesen Autoren in der vorliegenden Form analysiert. Wir wollen sie nicht als "Hammerschlaganalyse" bezeichnen, sondern als Arbeitsbeispiel 1, das nur zu Vergleichszwecken herangezogen wird, und zwar zur direkten Vergleichbarkeit mit den anderen SvZ.
In Arbeitsbeispiel 2 wird in Anlehnung an die in ARNOLD, H., und anderen, Work-Factor-Handbuch-Grundverfahren, Darmstadt o.J., S. 167, angeführte Hammerschlaganalyse eine etwas abgewandelte Analyse verwandt, die eher als "Hammerschlaganalyse" anzusprechen wäre. Es wird sich jedoch bei dieser Analyse auf das Anheften des Nagels beschränkt. An Hand dieser Analyse werden auch die abgekürzten SvZ verglichen.

2) Vgl. KURZ, E.F., Schreiben vom 11.6.1969.

herausgearbeitet werden. In Tabelle 15 sind ausgewählte Verfahren, wie z. B. das WF-, das MTM-, das BMT- und das DMT-Verfahren, in ihren Ausführungszeiten bei Arbeitsbeispiel 1 gegenübergestellt.

Hierbei wurden folgende Analysenzeitsummen ermittelt:

	WF	DMT	BMT	MTM
Zeit in Minuten	0.0559	0.0581	0.0667	0.06714
Abweichung in % WF = 100 %	Basis	+ 4	+ 18.5	+ 20

Nach Arbeitsbeispiel 1 wird für MTM die höchste Ausführungszeit errechnet.

Nehmen wir einmal an, daß es sich bei den errechneten Ausführungszeiten um Vorgabezeiten handele, so verändert sich durch die unterschiedliche Höhe der Vorgabewerte die Ausbringung wie folgt:

1. 1 Schicht = 8 Stunden/Tag
2. Benötigte Zeit in Minuten pro Stück:
   a) 0.056 Min/Stück nach WF
   b) 0.058 Min/Stück nach DMT
   c) 0.067 Min/Stück nach BMT
   d) 0.067 Min/Stück nach MTM
3. Wieviel Stück können maximal bei angenommen 8 Std. pro Schicht produziert werden:

$$\frac{\text{Stk}}{\text{Min}} \cdot \frac{\text{Min}}{\text{Std}} \cdot \frac{\text{Std}}{\text{Schicht}} = \frac{\text{Stk}}{\text{Schicht}}$$

Tabelle 15: Gegenüberstellung von WF - MTM - BMT - DMT : Arbeitsbeispiel 1

Nr.	Beschreibung	WF	E Zeit	Σ	MTM	E Zeit	Σ	BMT	E Zeit	Σ	DMT	E Zeit	Σ
1.	Hinlangen	A 40 D	73	73	R 40 B	15.6	15.6	Ho 40 C	97	97	B 40 h	58	58
2.	Hammer-ergreifen	F 2.5	16	89	G 1 A	2.0	17.6	FH 4 B	29	126	G 3	68	126
3.	Anheben	A 5	20	109	M 5 B	5.0	22.6						
4.	Umfassen	F 5	17	128	G 2	5.6	28.2						
5.	Zum Nagel	A 30 SD	85	213				Bo 30 B	82	208	B 30 b	79	205
6.	Ausholen	A 70 SD	116	329	M 75 B	24.0	52.2	B 75 B	119	327	B 75 b	127	332
7.	Schlagen	A 75 D	96	425	M 75 C	30.3	82.5	Bo 75 CS	138	465	B 75 b	127	459
8.	Ablegen	A 30 D	65	490	M 30 B	13.3	95.8	Bo 30 B	82	547	B 30 h	56	515
9.	Loslassen	F 5	17	507	R 1	2.0	97.8	FH 4 B	29	576	0 2	8	523
10.	Hand in Ruhe	A 40	52	559	R 40 E	14.1	111.9	Ho 40 B	91	667	B 40 h	58	581
		0.0559	Min		0.06714	Min		0.0667	Min		0.0581	Min	

Für den Arbeiter ist die Verdienstmöglichkeit von entscheidender Bedeutung. Nimmt man an, daß die effektive Ausbringung bei Arbeitsbeispiel 1 9 600 Stück pro Schicht beträgt, so ergibt sich für die Entlohnung des Arbeiters:

Prämissen:

„Normalzeit"	: 0.06 Min/Stück	= t_N
Ausbringung	: 9 600 Stück/Schicht	= X
Stundenlohn	: 5.40 DM/Stunde	
Minutenlohnsatz	: $\frac{5.40}{60}$ = 0.09 DM/Min	= l

Die Entlohnung berechnet sich aus:

$$x \cdot t \cdot l$$

Für die Normalzeit erhält der Arbeiter in diesem Falle für eine Schicht DM 51.84 vergütet.

Aus Tabelle 16 kann man die Entlohnung des Arbeiters bei den verschiedenen Verfahren entnehmen.

Bemerkenswert hierbei ist, daß bei dem angenommenen Arbeitsbeispiel 1 und der Prämisse der angegebenen "Normalzeit" die beiden Verfahren WF und DMT unter dem vorgegebenen Normalverdienst liegen (93.32 % bzw. 96.66 %), während bei BMT und MTM 111.67 % des angenommenen Normalschichtverdienstes bezahlt wird.

Der Arbeiter ebenso wie die Gewerkschaften werden also in einem solchen Fall natürlicherweise zu dem SvZ tendieren (wenn überhaupt), das die beste Verdienstmöglichkeit bietet.

Tabelle 16: Auswirkungen verschiedener SvZ auf Lohnkosten und Ausbringung

Arbeitsbeispiel 1	WF	DMT	BMT	MTM
Maximalproduktion in Stück	8 571	8 275	7 164	7 164
Produktionsminderung in Stück pro Schicht	0	./. 296	./. 1 407	./. 1 407
Produktionsminderung in %	0	./. 3.5	./. 16.5	./. 16.5
Normalverdienst DM/Schicht	Schichtverdienst nach den SvZ			
	WF	DMT	BMT	MTM
51.84	48.38	50.11	57.89	57.89
100 %	93.32	96.66	111.67	111.67

Es geht weiterhin aus Tabelle 16 hervor, daß eine Zeitabweichung von + 20 % wie in diesem angenommenen Beispiel eine Produktionsverringerung von 16.5 % zur Folge hat.

Mithin ist es auch für die Betriebsleitung von entscheidender Bedeutung, für welches Verfahren der SvZ sie sich entscheidet, da sowohl die Lohnkosten als auch die Ausbringung in direkter Abhängigkeit hierzu stehen.

2. Arbeitsbeispiel:

Tabelle 17 zeigt das in Anlehnung an Arnold, H., und andere[1] durchgeführte Arbeitsbeispiel 2. Beispiel 2 ist eine etwas ab-

1) Vgl. ARNOLD, H., u.a., Work-Factor-Verfahren-Grundverfahren, a.a.O., S. 167.

gewandelte "Hammerschlaganalyse" und soll auch später für die Analyse der abgekürzten Verfahren herangezogen werden.

Tabelle 17: Arbeitsbeispiel 2

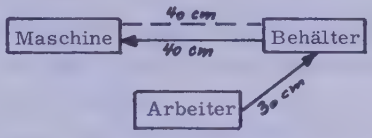
Beschreibung	WF-Grundverfahren			MTM-Grundverfahren		
	Analyse	Einzeln	$\sum$	Analyse	Einzeln	$\sum$
1. Hinlangen z. Hammer	A40 D	73	73	R 40 A	11.3	11.3
2. Hammer ergreifen	F 5 W	25	98	G 1 B	3.5	14.8
3. Tp Hammer z. Nagel	A20 WSD	84	182	M 20 C. 1.04	12.2	27.0
4. HS 1. Anheften	2A 7.5 W	64	246	2M 8 C. 1.04	14.4	41.4
5. Tp Hammer z. Ablage	A20 WD	70	316	M 20 B. 1.04	10.9	52.3
6. Loslassen	F 5	17	333	RL 1	2.0	54.3
7. Hand in Ruhe	A40	52	385	R 40 A	11.3	65.6
	in Minuten		0.0385	in Minuten		0.0394
Abweichungen	in %		100			102

Vergleicht man diese Analyse, so wäre nur noch eine verhältnismäßig geringe Differenz zwischen dem Work-Factor-Grundverfahren und dem MTM-Grundverfahren festzustellen. Dies kann natürlich der Fall sein, muß jedoch nicht immer erreicht werden.

3. Arbeitsbeispiel:

An Hand eines dritten theoretischen Arbeitsbeispiels sollen deshalb die beiden Verfahren MTMG und WFG auf weitere Probleme, gerade im Hinblick auf Vorgabezeiten, untersucht werden. Hierzu dient das Arbeitsbeispiel 3 der Tabelle 18.

Folgender Arbeitsablauf wurde unterstellt:



Es hat sich gezeigt, daß auch hier die Abweichungen zwischen MTM und Work-Factor ziemlich hoch waren und sich um 15 % bewegten, was sowohl Tabelle 10 als auch Tabelle 15 bestätigen und nur durch Tabelle 17 eine gewisse Einschränkung erfährt.

Als Ergebnis kann man zusammenfassend feststellen, daß zwischen den einzelnen Systemen vorbestimmter Zeiten verhältnismäßig große Zeitdifferenzen bestehen.

Diese Zeitdifferenzen dürften unseres Erachtens aus der in Punkt 3.1.2.2.3. diskutierten unterschiedlichen Bezugsbasis der SvZ resultieren.

Würden die bis heute existierenden Verfahren zur Vorgabezeitermittlung herangezogen, so könnte die Entscheidung zu dem einen oder dem anderen System zum Politikum für Arbeitgeber und Arbeitnehmer werden. Insbesondere dürfte dann die Entscheidung durch die Stärke der Tarifpartner hauptsächlich beeinflußt werden.

Tabelle 18: Arbeitsbeispiel 3: Berechnung der Ausführungszeiten eines Arbeitsvorganges

Beschreibung des Vorganges	Work-Factor Grundverfahren			MTM - Grundverfahren			Abweichung in %
	Analyse	einzeln	Σ	Analyse	einzeln	Σ	
1. Hinlangen zum Behälter	A 30 D	65	65	R 30 B	12.8	12.8	+ 18.2
2. Greifen des Gegenstandes	1/2 F 2.5	8	73	G 1 A	2.0	14.8	+ 21.8
3. Transportieren des Gegenstandes zur Maschine	A 40 SD	94	167	M 40 B	15.6	30.4	+ 9.1
4. Loslassen des Gegenstandes	1/2 F 2.5	8	175	RL 1	2.0	32.4	+ 11.1
5. Hinlangen zum Behälter	A 30 D	65	230	R 30 B	12.8	45.2	+ 18
6. Greifen des Gegenstandes	1/2 F 2.5	8	238	G 1 A	2.0	47.2	+ 19
7. Transportieren zur Maschine	A 40 SD	94	332	M 40 B	15.6	62.8	+ 13.6
8. Loslassen	1/2 F 2.5	8	340	RL 1	2.0	64.8	+ 14.4
9. Hand in Ruhe	A 30	46	386	R 30 A	9.5	74.3	+ 15
In Anspruch genommene Zeit	Arbeitsvorgang in Minuten		0.0386			0.04458	+ 15

Von der Arbeitsgeberseite aus betrachtet, würde sehr wahrscheinlich das System, das den höchsten Produktionsausstoß garantiert, befürwortet, mithin Work-Factor.

Der Arbeitnehmer wird natürlich das System befürworten, bei dem er, ohne sich zu sehr körperlich anzustrengen, am meisten verdienen kann. Die Entscheidung wird also (bei gleichen Stundenlohnsätzen) zu dem System führen, das die höchste Vorgabezeit garantiert. Hierdurch hat der Arbeiter leichter die Möglichkeit, durch Unterschreiten dieser Zeit seinen Lohn zu verbessern.

Es kann zusammenfassend festgestellt werden, daß die SvZ für Vorgabezeitermittlungen und -planungen keine revolutionierenden Verbesserungen gegenüber den Zeitmessungssystemen bringen.

Vor allem folgende Punkte sollen die Problematik der SvZ zur Vorgabezeitermittlung und -planung aufzeigen:

1. Die Tabellenzeitwerte sind nicht eindeutig nachprüfbar, was zu Zweifeln an der Korrektheit der SvZ beiträgt. Nicht zu verkennen sind hier zwar die Einwände, daß die SvZ verkauft werden sollen und durch den Abbau des "Copy right" Schutzes von jedem nachvollzogen und neuformuliert werden könnten. Hiergegen wollen sich anscheinend die Gesellschaften selbst, um nicht aus dem Markt gedrängt zu werden, schützen.
2. Die Bezugsbasis, der Normalleistungsbegriff, scheint bei allen SvZ unterschiedlichen Begriffsinhalten zu unterliegen.

3. Auch beim Leistungsgradbestimmen, sei es in Form des Leveling-Systems oder irgendeiner sonstigen Schätz- oder Durchschnittsmethode, bieten die SvZ keine direkten Verbesserungen gegenüber den herkömmlichen Methoden. Die subjektiven Elemente werden bei den SvZ nur verschleierter dargeboten und gehen als Durchschnittswerte in die Tabellenzeitwerte ein.
   Das Leistungsgradschätzen wird also nicht, wie behauptet, eliminiert, sondern nur vorverlagert.
4. Aus diesen Ungenauigkeiten resultieren zwangsläufig die Forderungen nach den sogenannten Umrechnungsfaktoren (Multiplikatoren zur Umrechnung von SvZ-Zeit auf Refa-Normalzeit), die zwischen Gewerkschaft und Arbeitgeber ausgehandelt werden.[1] Die Höhe dieser Umrechnungsfaktoren schwankt nämlich von Unternehmen zu Unternehmen. Dies wird insbesondere durch unsere Untersuchung in deutschen Unternehmen[2] bestätigt.
5. Da überhaupt eine Diskussion über Umrechnungsfaktoren geführt wird, wird deutlich, daß divergierende Umrechnungsfaktoren indirekten Zeitzuschlägen gleichkommen.
   Unseres Erachtens ist deshalb nicht nur die Existenz

---

1) Vgl. HAMDY, Mostafa, HAMDY, Ahmed, Beitrag zur Kritik der Verfahren vorbestimmter Zeiten, a.a.O., S. 61;
SCHMIDTKE, H., STIER, F., Der Aufbau komplexer Bewegungsabläufe, a.a.O., S. 31;
FANKHAUSER, G., Wie gut sind die MTM-Vorgabezeiten, a.a.O., S. 95-99, hier S. 96;
SCHLAICH, K., "Wie gut sind die MTM-Vorgabezeiten", in: Refa-N., 16. Jg. (1963), S. 262-263, hier S. 262;
LORENZ, F.R., Zur Frage der Erfassung kurzer Zeiten bei Arbeits- und Zeitstudien, a.a.O., S. 283-287, hier S. 285;
GOMBERG, W., A Trade Union Analysis, a.a.O., S. 241.

2) Vgl. BRINK, H.J., FABRY, P., Die Systeme vorbestimmter Zeiten, a.a.O.

eines Umrechnungsfaktors von entscheidender Bedeutung, sondern auch seine Höhe. Sollte man jedoch die SvZ in der bestehenden Form tatsächlich zur Vorgabezeitermittlung anwenden, so sollte man dies nicht abhängig machen von der Höhe und Existenz eines Umrechnungsfaktors, sondern das Problem des Leistungsunterschieds aus der reinen Zeitberechnung eliminieren und in den Geldfaktor einbauen. Dadurch ist es möglich, zumindest von System zu System und Betrieb zu Betrieb eine Gleichartigkeit zu erreichen und eine Vergleichbarkeit reiner Zeitelemente zu ermöglichen.

Es müßte außerdem erreicht werden, daß die Umrechnungsfaktoren einheitlich sind. Sieht man von den systemimmanenten Fehlern der SvZ ab, so müßte von Unternehmen zu Unternehmen für alle existierenden SvZ ein einheitliches Umrechnungsschema, ausgehend von Refa, aufgebaut werden. Die Umrechnungsfaktoren dieser Tabelle müßten für alle Unternehmen rechtsverbindlich sein.

6. Die Entscheidung für oder gegen eines der SvZ wird jedoch sehr stark davon beeinflußt werden,
   a) welche Gruppe der SvZ das beste Verkaufsargument hat oder das billigste Verfahren ist,
   b) wie der innerbetriebliche Einfluß von Arbeitgeber und Gewerkschaft ist und
   c) welches System den einfachsten Regelmechanismus (Regeln und Anordnungen für den zwingenden Bewegungsablauf einer SvZ-Analyse) für die Anwendung und die hier zu erstellenden Analysen bietet.

333. Einflußgrößenuntersuchung und Genauigkeit der mit Systemen vorbestimmter Zeiten geplanten Fertigungszeiten

Die Frage der Genauigkeit der mit den SvZ geplanten Zeiten kann nur in Verbindung mit der in Kapitel 32. definierten Fertigungszeit diskutiert werden.

Bei den mit den SvZ analysierten Zeiten handelt es sich nur um rein manuelle Tätigkeiten. Ein Verfahrensvergleich kann sich demnach bei Anwendung der SvZ nur auf einen Vergleich dieser manuellen Tätigkeiten beziehen. Im Sinne von Kapitel 32. handelt es sich also fast ausschließlich um die beeinflußbaren manuellen Haupt- und Nebenzeiten und zum Teil um die manuellen Tätigkeitszeiten der Rüstgrundzeit. Grundsätzlich muß man also davon ausgehen, daß es sich in den meisten Fällen um Akkordzeiten handelt.

Ist der Zeitanteil der beeinflußbaren Zeiten sehr gering, so muß davon ausgegangen werden, daß diese Arbeit nicht mehr akkordreif ist, und es muß ein anderes Entlohnungssystem gefunden werden.[1)]

Um also einen Verfahrensvergleich mit den SvZ durchführen zu können, muß notwendigerweise eine Differenzierung in

a) vom Arbeiter beeinflußbare Tätigkeitszeiten,
b) vom Arbeiter unbeeinflußbare Tätigkeitszeiten (z.B. Maschinenzeiten)

vorgenommen werden.

---

1) Vgl. SCHÖNEFELD, H., Beitrag zu den Grundsatzfragen der Leistungsentlohnung vorzugsweise bei mechanisierter und teilweise automatisierter Fertigung, Köln und Opladen 1965, S. 71 und 101; vgl. auch DELLMANN, K., Die Bestimmung optimaler Bedienungssysteme bei Mehrstellenarbeit, Dissertation Saarbrücken 1968, S. 85.

Hierdurch ist man jedoch gezwungen, mehrere Zeitermittlungssysteme nebeneinander zu verwenden. Die Synthese aus mit SvZ geplanten manuellen Tätigkeitsfertigungszeiten und aus Istzeitmessungen oder vergangenheitsorientierten Richtwerten gebildeten Istzeiten oder normalisierten Zeiten bedingt, daß es sich bei den vorzugebenden Zeitwerten der Vorgabezeit nie vollständig um geplante Zeiten handeln kann.

Nur in dem Fall, wo der Anteil der manuellen Tätigkeitszeiten sehr groß ist, kann man die aus Systemen vorbestimmter Zeiten gewonnenen Zeiten als Planzeiten ansehen. Wenn dies nicht der Fall ist, muß man sich mit Zwischenlösungen zufrieden geben. Die Vorgabezeit pro Stück setzt sich demnach nach den SvZ wie folgt zusammen:

1. Die mit SvZ analysierbaren Zeiten:

SvZ-Rüstgrundzeit	$t_{r_{g_{SvZ}}}$
+ SvZ-Ausführungsgrundzeit	$t_{a_{g_{SvZ}}}$
= SvZ - Tätigkeitszeit	$t_{t_{SvZ}}$

2. Die mit SvZ nicht analysierbaren Zeiten:

+ Rüstgrundzeit maschinenabhängig	$t_{r_{g_M}}$
+ Ausführungsgrundzeit maschinenabhängig	$t_{a_{g_M}}$
+ Rüstverteilzeit	t_{r_v}
+ Ausführungsverteilzeit	t_{a_v}
= Vorgabezeit pro Stück nach SvZ	T_F

$$T_F = \underbrace{t_{r_{g_{SvZ}}} + t_{a_{g_{SvZ}}}}_{t_{t_{SvZ}}} + \underbrace{t_{r_{g_M}} + r_{a_{g_M}}}_{t_{ZS_1}} + \underbrace{t_{r_v} + t_{a_v}}_{t_{ZS_2}}$$

Unter der Prämisse, daß die Tabellenwerte der SvZ korrekt sind, ist nur $t_{t_{SvZ}}$ zu planen. t_{ZS_1} und t_{ZS_2} sind Zeiten, die aus anderen Verfahren der Istzeitmessung gewonnen werden müßten.

Auch beim Verfahrensvergleich muß entsprechend obiger Einteilung von T_F vorgegangen werden.

Das Entscheidungskriterium[1] wird dann für die Verfahren i und j nach

- $t_{t_{SvZ_{i,j}}}$
- $t_{ZS_{1_{i,j}}}$
- $t_{ZS_{2_{i,j}}}$

differenziert werden müssen und mit den Grenzkostensätzen $d_{i,j}$ bewertet werden. Die Zeitwerte $t_{t_{SvZ_{i,j}}}$ können als "geplante" Werte aus den SvZ-Tabellen errechnet werden. Für $t_{ZS_{1_{i,j}}}$ kann man größtenteils Planzeitwerte auf der Basis standardisierter Richtwerte ermitteln, während $t_{ZS_{2_{i,j}}}$ Schätzungen und betriebsinternen Richtzahlen vorbehalten bleibt.

Auch für Entscheidungsmodelle des Operations Research gelten diese differenzierteren Betrachtungen analog.

---

1) Vgl. KILGER, W., Optimale Verfahrenswahl, a.a.O., S. 167.

Das Ergebnis darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß die etwas hochgesteckten Erwartungen, daß mit den SvZ Kostenvergleichsrechnungen möglich sind und Verfahrensvergleiche eindeutige Ergebnisse liefern, erheblich eingeschränkt werden müssen, da nur ganz bestimmte Tätigkeitszeiten mit den SvZ analysierbar sind.

Unter Vernachlässigung der in vorangegangenen Kapiteln geübten Kritiken, z.B. an der Unterschiedlichkeit der Tabellenzeiten, am Begriff der Normalleistung und an dem daraus resultierenden Umrechnungsfaktor kann man, interpretiert man den Begriff der Fertigungszeit auf die reine manuelle Tätigkeitszeit, davon ausgehen, daß Zeitvergleiche prinzipiell möglich sind.

Solange jedoch die zentrale Frage, ob die in den Tabellen enthaltenen Zeiten hinreichend genau sind, nicht eindeutig gelöst ist, können die SvZ nur mit Vorbehalt als Entscheidungsparameter herangezogen werden.

3331. Grundzeitgleichung und Genauigkeitsbereich

Die von den SvZ angewandten Grundzeitgleichungen wurden an Hand des Beispiels der von Work-Factor angegebenen Formeln in Kapitel 3312. behandelt. Es wurde hier festgestellt, daß die SvZ den Anspruch höchster Genauigkeit fordern, jedoch durch mangelnde Grundlagenveröffentlichungen die genaue Überprüfung verhindern.

Weiterhin wurde durch die differenzierte Angabe der Grundzeitgleichungen festgestellt, daß die SvZ, hier das WF-System,

die von den Gründern selbst geforderte Genauigkeit bei eingehender Analyse nicht erfüllen. Es wurde weiterhin festgestellt, daß gerade in den kleinsten Entfernungsstufen unter den SvZ die größten Differenzen bestehen. Dies wird vor allem in Zeichnungen 3 und 4 deutlich. Hier besteht ein Unsicherheits- oder auch Ungenauigkeitsbereich der Kurven der SvZ vor allem bis 10 cm (= 4 Zoll). Gerade in diesem Bereich weisen die Kurven keine direkte Gesetzmäßigkeit auf. Die Ungenauigkeiten werden durch Argumente, wie z.B. das der WOFAC, zu erklären versucht:[1)]

"Because of modifications to the time values for the short and the long motions based on research conducted after completion of the Original Formula, the Original Formula applies only to the following ranges of distances."
"Values above and below these limits were taken from plotted curves and other Formulae."

Tabelle 19: Genauigkeitsbereich der Originalformeln

Work-Factors	Range of Formula Application-Zoll	Genauigkeitsbereiche in cm
0	4 - 40.0	10 cm - 100 cm
1	4 - 10.0	10 - 25
2	4 - 12.8	10 - 32
3	4 - 15.4	10 - 38.5
4	4 - 17.7	10 - 44.25
5	4 - 19.7	10 - 49.25
6	4 - 21.4	10 - 53.5
7	4 - 22.8	10 - 57
8	4 - 24	10 - 50

1) Schreiben vom 22.8.1969 von Ted Ulman, Senior Research Analyst der WOFAC, USA.

Schon das Auffinden einer gewissen Gesetzmäßigkeit bei der Funktion

$$t = f(D)$$

t = Zeit

D = Entfernung

zur Messung von Bewegungsentfernungen dürfte sehr kompliziert sein.

Unseres Erachtens ist es deshalb noch schwieriger, einen aussagefähigen und eindeutigen funktionalen Zusammenhang für die Abhängigkeit von Zeit, Entfernung, Einflußgrößen und damit Merkmalsstufen für alle Zeiten, unterschiedliche Arbeiter mit unterschiedlicher Leistungshöhe und für vollkommen verschiedenartige Länder festzulegen.

Der in den Tabellen der SvZ enthaltene funktionelle Zusammenhang

$$t = f(D, E_1 \ldots E_n)$$

E = Einflußgröße

ist an Schwierigkeit kaum zu übertreffen. Daß dies so ist, zeigen die oben aufgeführten sehr eng begrenzten Genauigkeitsbereiche der WF-Grundzeitgleichung und die Gleichungen für das WF-System (Übersicht 11).

Gerade der Bereich bis 10 cm (= 4 Zoll) müßte, sollten die SvZ für Präzisionsmessungen herangezogen werden können, auf seine Genauigkeit hin überprüft und den tatsächlichen industriellen Verhältnissen angepaßt werden.

Wir können uns jedoch, läßt man diesen Ungenauigkeitsbereich bis 10 cm einmal außer acht, nicht vorstellen, daß in

jedem Fall und von Schwierigkeitsstufe zu Schwierigkeitsstufe gleichförmig für den Zusammenhang

$$t = f(D, E_1 \dots E_n)$$

ab 10 cm eine direkte Linearität besteht, wie dies z.B. bei MTM der Fall ist. Gegen diese Linearität spricht schon unseres Erachtens die Größe $E_1 \dots E_n$, die viele Kombinationsmöglichkeiten gestattet. Auch in der Analyse der Einflußgrößen müßten deshalb unseres Erachtens die SvZ eingehender untersucht werden.

Möglichkeiten der Erweiterung der SvZ und damit eine Genauigkeitsverbesserung würden sich schon durch das Aufstellen eines Einflußgrößenkatalogs und der aus Einflußgrößenkombinationen resultierenden getesteten differenzierten Grundzeitgleichungen ergeben, da bei den bestehenden SvZ die Einflußgrößenanzahl auf ein Minimum begrenzt wurde.

Die in den SvZ analysierten Haupteinflußgrößen sind[1)]

a) Körperteil,

b) zurückgelegter Weg,

c) Gewicht oder Widerstand und

d) Kontrolle der Bewegung.

Einflußgrößen stellen jedoch eine Mischung aus subjektiven und objektiven Tatbeständen dar, die beide die Zeitkomponente beeinflussen.

---

1) Vgl. QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Das Work-Factor-System, a.a.O., S. 38 ff;
BARNES, R.M., Motion and Time Study, a.a.O., S. 480;
STIER, F., Bewegungsabläufe und Arbeitsbelastung, a.a.O., S. 3.

Die oben genannten Einflußgrößen kann man als objektive bezeichnen. Eine Analyse der subjektiven Einflußgrößen (wie z.B. Alter, Geschlecht, Erfahrung usw.) und ihrer kombinatorischen Wirkung auf die Zeit müßte eingehend untersucht werden.

Es war natürlich auch den Begründern der SvZ klar, daß die Zeit einer Bewegung auch noch von anderen Einflußgrößen abhängt, jedoch wurden diese vier als Hauptgrößen angesehen.

Wie uns die MTM-Vereinigung mitteilte,[1] seien die Kriterien für die Auswahl der Einflußgrößen rein praktischer Natur gewesen und es sei bis heute noch kein Grund dafür vorhanden gewesen, alle Einflußgrößen zu untersuchen.

Die MTM-Vereinigung ist der Ansicht, daß die Analyse der Einflußgrößen nicht von so entscheidender Bedeutung sei, sondern daß in diesem Zusammenhang eine Analyse der Häufigkeitsverteilung der einzelnen Grundbewegungen und ihrer jeweiligen Einflußgrößen wesentlich aussagefähiger sei.

Dieser Ansicht können wir uns wegen der oben angeführten zeitbeeinflussenden Einflußgrößenanalyse nicht ganz anschließen. Auch sind wir nicht der Ansicht, daß die Einflußgrößen, die in Amerika angeblich untersucht wurden, in allen übrigen Ländern, wie z.B. England, Holland, Deutschland usw., gleich sind. Um dies zu beweisen, müßten gerade hierzu umfangreiche Untersuchungen in den einzelnen Ländern durchgeführt werden.

---

1) Schreiben vom 2.10.1969 von Herrn W. Helms, MTM-Vereinigung, Hamburg.

3332. Prüfung der Maßeinheit der Merkmalsstufen

Das Spiegelbild verschiedener Schwierigkeitsgrade in den Tabellen stellen die einzelnen Merkmalsstufen dar. Beim Work-Factor-System sind dies die Work-Factors 0, 1, 2, 3, 4, während bei MTM in A, B, C, D, E Stufen, bei DMT in h, w, b, i, s Stufen und bei BMT in A, B, BV, C, CV Stufen unterschieden wird.

Es soll nun untersucht werden, wie die Ausführungszeiten mit zunehmenden Merkmalsstufen variieren und welche Gesetzmäßigkeiten zwischen der Grundbewegung und den übrigen Stufen höheren Schwierigkeitsgrades, wie in Kapitel 331221. dargestellt, bestehen.

Hierzu wurden die Tabellen der vier zu vergleichenden Verfahren durch Interpolation gleichnamig gemacht. Tabelle 20 stellt diese interpolierten Werte dar.[1)]

33321. Häufigkeit der Bewegungsgrundelemente und Merkmalsstufen

Dieser Vergleich konnte insbesondere deshalb durchgeführt werden, weil die Gleichartigkeit der Bewegungen hierbei am besten realisiert wurde. Außerdem wurde aufgrund einer

---

1) Die Tabellenwerte wurden aus den Originaltabellen der hier behandelten SvZ interpoliert. Bei Work-Factor wurde als Grundlage die < Armtabelle >, bei MTM die Tabelle für < Hinlangen >, bei DMT die Tabelle für < Bewegung > und bei BMT die Tabelle für < Hinlangen und Transportieren > genommen.

Tabelle 20: Zusammengefaßte interpolierte Tabellenwerte der SvZ

cm	WF WFG-A	MTM R-A	DMT h	BMT A	WF M 1	MTM R-B	DMT W	BMT B	WF M 2	MTM R-C-D	DMT b	BMT BV	WF M 3	DMT i	BMT C	WF M 4	MTM R-E	DMT S	BMT CV
2	14.4	12.0	12.8	28.8	20.8	12.0	8.0	34.4	27.2	12.0	24.0	39.6	32.0	33.6	45.2	36.8	12.0	50.4	47.7
4	19.2	20.4	19.6	33.6	27.8	20.4	16.0	39.6	35.8	30.6	34.2	45.6	42.4	45.6	52.2	48.4	19.2	68.4	58.8
6	20.8	27.0	24.0	37.2	30.2	27.0	22.5	43.6	38.6	39.0	39.4	50.0	46.4	50.8	57.0	52.8	26.4	76.0	64.0
8	22.8	33.0	30.0	39.6	33.2	33.0	25.6	46.6	42.4	45.0	44.0	53.8	51.6	56.4	60.8	58.8	33.0	84.0	68.0
10	26.0	36.6	32.0	42.0	38.0	37.8	28.0	49.0	48.0	50.4	48.0	57.0	58.0	62.0	64.0	66.0	40.8	92.0	72.0
12	28.4	38.4	34.4	44.4	42.0	44.4	31.2	51.4	53.6	54.6	51.2	59.4	63.6	65.2	67.2	73.2	43.8	100.0	75.2
14	30.8	40.8	36.8	46.2	44.2	49.2	33.2	53.8	58.0	58.2	53.8	61.8	69.2	72.2	69.8	79.8	46.8	108.0	77.8
16	33.2	42.6	39.2	48.2	48.6	52.8	35.2	56.2	62.0	61.8	56.2	64.2	74.4	77.8	72.2	85.8	49.2	116.0	80.2
18	35.6	45.0	41.6	50.4	51.6	56.4	37.4	58.4	66.0	64.8	58.6	66.4	79.2	83.2	74.6	91.2	52.2	124.0	82.6
20	38.0	46.8	44.0	52.0	54.0	60.0	39.0	60.0	70.0	68.4	61.0	68.0	84.0	88.0	77.0	96.0	55.2	132.0	85.0
22	39.6	48.6	45.6	53.6	57.2	63.0	40.6	61.6	73.2	71.4	63.4	69.6	88.0	93.6	78.6	100.8	58.2	140.0	86.6
24	41.2	51.0	47.2	55.2	59.8	66.6	42.2	63.2	75.2	75.0	65.8	71.8	91.4	99.2	80.2	105.0	61.2	148.0	88.8
26	42.8	52.8	48.6	56.8	61.8	70.2	43.6	64.8	79.2	78.0	68.0	73.8	95.0	104.6	82.0	109.0	64.2	156.0	91.0
28	44.4	55.2	49.8	58.4	63.4	73.2	44.8	66.4	81.8	81.6	70.0	75.4	98.8	109.8	84.0	113.0	67.2	164.0	93.0
30	46.0	57.0	51.0	60.0	65.0	76.8	46.0	68.0	85.0	84.6	72.0	77.0	102.0	115.0	86.0	117.0	70.2	172.0	95.0
35	49.0	62.4	54.0	64.0	69.0	85.2	49.0	72.0	90.0	93.0	76.0	81.0	109.0	128.0	90.0	125.0	77.4	192.0	99.0
40	52.0	67.8	58.0	68.0	73.0	93.6	52.0	76.0	94.0	100.8	82.0	85.0	115.0	141.0	94.0	133.0	84.6	212.0	104.0
45	55.0	72.6	61.0	72.0	76.0	102.0	54.0	80.0	98.0	109.2	86.0	89.0	120.0	↓	98.0	140.0	91.8	↓	108.0
50	58.0	78.0	65.0	76.0	80.0	110.4	58.0	84.0	102.0	117.6	92.0	93.0	124.0	↓	102.0	144.0	99.0	↓	112.0
55	61.0	83.4	68.0	80.0	83.0	118.8	60.0	88.0	106.0	125.4	96.0	97.0	128.0	↓	107.0	148.0	106.8	↓	116.0
60	63.0	88.2	72.0	84.0	86.0	127.2	63.0	92.0	109.0	133.8	102.0	101.0	131.0	↓	111.0	152.0	114.0	↓	120.0
65	66.0	93.6	75.3	88.0	90.0	135.6	66.3	96.0	113.0	141.6	107.3	105.0	135.0	↓	115.0	156.0	121.2	↓	124.0
70	68.0	99.0	78.7	92.0	93.0	144.6	69.0	100.0	116.0	150.0	112.0	109.0	139.0	↓	119.0	159.0	128.4	↓	128.0
75	70.0	103.8	82.0	96.0	96.0	153.0	71.0	104.0	119.0	158.4	116.0	113.0	142.0	↓	123.0	163.0	135.6	↓	132.0
80	72.4	109.2	88.0	↓	98.8	161.4	76.3	↓	122.6	166.2	↓	↓	145.6	↓	↓	166.2	143.4	↓	↓
85	74.8	↓	100.0	↓	101.6	↓	86.0	↓	126.2	↓	↓	↓	149.5	↓	↓	169.4	↓	↓	↓
90	77.0	↓	↓	↓	104.4	↓	↓	↓	129.4	↓	↓	↓	152.6	↓	↓	172.6	↓	↓	↓
95	79.0	↓	↓	↓	107.2	↓	↓	↓	132.2	↓	↓	↓	155.8	↓	↓	175.8	↓	↓	↓
100	81.0	109.2	100.0	96.0	109.0	161.4	86.0	104.0	135.0	166.2	116.0	113.0	159.0	141.0	123.0	179.0	143.4	212.0	132.0

schwedischen Untersuchung[1] festgestellt, daß in fünf unterschiedlichen Bereichen, in denen die Bewegungsgrundelemente untersucht wurden, die Elemente ≺ Hinlangen ≻ und ≺ Bewegen ≻ am häufigsten auftraten (Tabellen 21 und 22).

Die 5 Untersuchungsbereiche waren:

A Medium heavy machine production

B Medium heavy assembly work

C Light assembly work

D Light assembly work

E Bookbinding

Insgesamt wurden in den fünf Bereichen 7 174 Bewegungen analysiert.

Tabelle 21: Prozentuale Zeitanteile der Bewegungselemente

Bewegung	Untersuchte Bereiche: prozentuale Zeitanteile der Bewegungselemente				
	A	B	C	D	E
Hinlangen	23.8%	17.0%	16.3%	13.3%	21.3%
Bewegen	39.2%	32.7%	26.9%	33.2%	56.4%
Σ	63.0	49.7	43.2	46.5	77.7
Übrige Elemente	37.0	50.3	56.8	53.5	22.3
Σ	100	100	100	100	100

1) ABERG, Ulf, Frequency of Occurence of Basic MTM Motions, translated and reprinted with the permission of the Swedish MTM Association-Research Committee, Report Nr. 1, August 1962, S. 23-28, hier S. 24 ff; von der MTM-Vereinigung dem Verfasser zur Bearbeitung überlassen; ABERG, U., Sequence of Motions in Manual Workshop Production, in: Journal of Methods - Time Measurement, Vol. IX (1963), S. 1-12.

Bei den untersuchten 7 174 Bewegungen ergab sich folgende Verteilung der beiden Bewegungen < Hinlangen > und < Bewegen > .

Tabelle 22: Prozentualer Anteil der Einzelbewegung an der Summe der untersuchten Bewegungen

Bewegung	Prozentualer Anteil der Einzelbewegung an der Summe der untersuchten Bewegungen				
	A	B	C	D	E
Hinlangen	19.4%	12.9%	12.5%	12.1%	12.6%
Bewegen	31.9%	29.8%	28.8%	43 %	46.2%
Σ	51.3	42.7	41.3	55.1	58.8
Übrige Elemente	48.7	57.3	58.7	44.9	41.2
	100	100	100	100	100

Für die Häufigkeitsverteilung der Zeit für das Element < Hinlangen > und seiner verschiedenen Merkmalsstufen ergab sich folgendes Bild:

Tabelle 23: Prozentuale Verteilung der Zeitanteile verschiedener Merkmalsstufen

Bewegung Hinlangen	Prozentuale Verteilung der Zeitanteile verschiedener Merkmalsstufen beim Bewegungselement Hinlangen				
	A	B	C	D	E
R - A	20.8	3.3	5.1	3.6	2.2
R - B	64.5	65.2	57.3	53.1	76.8
R - C	1.9	25.7	30.7	43.0	6.0
R - D	1.4	1.6	6.5	0.3	14.7
R - E	11.4	4.2	0.4	-	0.2
	100	100	100	100	100

Hierbei kann festgestellt werden, daß die R-B Merkmalsstufe die dominierende ist, da sie sich in bezug auf die prozentualen Zeitanteile zwischen 53.1 % und 76.8 % bewegt.

33322. Gesetzmäßigkeit der Merkmalsstufen

Der von Stufe zu Stufe gegebene Zeitzuschlag wird durch das Auftreten irgendeiner Art von Bewegungsbeherrschung notwendig. Es ist nun zu prüfen, ob in den Tabellen in bezug auf die Zeitwerte der verschiedenen Schwierigkeitsstufen irgendeine Gesetzmäßigkeit absoluter oder relativer Art gegeben ist, zumal Rehhahn[1] der Ansicht ist, daß aufgrund der

1) Vgl. REHHAHN, H., Kritik an "Workfactor", a.a.O., S. 110; "Ein Merkmal ist das Maß für die Mehrzeit, welche erforderlich ist, sobald Bewegungen ausgeführt werden, die nicht mehr frei sind und irgendeiner Art von Beherrschung unterliegen."

Definition der Merkmale, wie z.B. bei Work-Factor, eindeutig hervorgehe, daß es sich hier um ein absolutes Maß handele.

Dies würde bedeuten, daß sich der Zeitwert der nächst höheren Schwierigkeitsstufe durch Addition mit einer konstanten Zahl ergibt.

Man kann jedoch auch die Möglichkeit prüfen, ob sich der Zeitwert der nächst höheren Stufe nicht durch Multiplikation eines konstanten Faktors mit der Basis ergibt.

333221. Testverfahren

Die SvZ wurden deshalb hier nach folgenden Kriterien analysiert:

1. Die Grundbewegung = Merkmal 0 (M_0) wird als Basis angesehen

   11. Relative kumulierte Betrachtungsweise

       111. Merkmal 0 = 100 % = t_0 = M_0 %
       112. Merkmal 1 = t_0t_1 in % = M_1 %
       113. Merkmal 2 = t_0t_2 in % = M_2 %
       114. Merkmal 3 = t_0t_3 in % = M_3 %
       115. Merkmal 4 = t_0t_4 in % = M_4 %

       } Tabelle 24

   12. Absolute kumulierte Betrachtungsweise

       121. Merkmal 0 = 0 = t_0 = M_0 abs.
       122. Merkmal 1 = t_0t_1 absolut = M_1 abs.
       123. Merkmal 2 = t_0t_2 absolut = M_2 abs.
       124. Merkmal 3 = t_0t_3 absolut = M_3 abs.
       125. Merkmal 4 = t_0t_4 absolut = M_4 abs.

       } Tabelle 25

2. Stufenweise Betrachtungsweise: M_0, M_1, M_2, M_3 = Basis für Folgeberechnungen

21. Relative stufenweise Betrachtungsweise

211. Merkmal 0 = 100 % = t_0 = M_0 %
212. Merkmal 1 = t_0t_1 in % = M_1 %
213. Merkmal 2 = t_1t_2 in % = M_2 %
214. Merkmal 3 = t_2t_3 in % = M_3 %
215. Merkmal 4 = t_3t_4 in % = M_4 %

} Tabelle 26

22. Absolute stufenweise Betrachtungsweise

221. Merkmal 0 = 0 = t_0 = M_0 abs.
222. Merkmal 1 = t_0t_1 absolut = M_1 abs.
223. Merkmal 2 = t_1t_2 absolut = M_2 abs.
224. Merkmal 3 = t_2t_3 absolut = M_3 abs.
225. Merkmal 4 = t_3t_4 absolut = M_4 abs.

} Tabelle 27

Die Tabellen 24, 25, 26 und 27 zeigen die Werte dieser Analyse für die interpolierten Bewegungszeittabellen der verschiedenen Systeme vorbestimmter Zeiten auf.

333222. Ergebnis

Aufgrund dieser Analyse sollte herausgefunden werden, ob es sich bei den SvZ

1. um eine relative oder absolute kumulierte Gesetzmäßigkeit, ausgehend von der Grundbewegung als Basis, handelt, oder ob es sich
2. um eine relative oder absolute stufenweise Gesetzmäßigkeit handelt, oder ob
3. keine dieser Gesetzmäßigkeiten vorhanden sind.

Tabelle 24: Relative kumulierte Betrachtung

cm Weg	Work-Factor					MTM				BMT					DMT				
	Relativ kumulierte Betrachtung					Relativ kumulierte Betrachtung				Relativ kumulierte Betrachtung					Relativ kumulierte Betrachtung				
	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_0	M_1	M_2	M_3	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
2	100	144.5	189.0	222.0	255.5	100	100.0	100.0	100.0	100	119.4	137.5	156.9	165.6	100	62.5	187.5	262.5	393.8
4	100	136.2	175.5	208.0	237.0	100	100.0	150.0	94.0	100	117.9	135.7	155.4	175.0	100	81.6	174.5	232.7	349.0
6	100	145.0	186.0	223.0	254.0	100	100.0	144.2	97.7	100	117.2	134.4	153.2	172.0	100	93.8	164.2	211.7	316.7
8	100	145.5	186.0	226.0	256.0	100	100.0	136.4	100.0	100	117.7	135.9	153.5	171.7	100	85.3	146.6	188.0	280.0
10	100	150.0	184.5	223.0	254.0	100	103.4	137.8	111.8	100	116.7	135.7	152.4	171.4	100	87.5	150.0	193.8	287.5
12	100	148.0	189.0	224.0	258.0	100	115.8	142.2	114.0	100	115.8	133.8	151.4	169.4	100	90.7	148.8	189.5	290.7
14	100	143.2	188.2	224.5	259.0	100	120.5	142.2	114.8	100	116.5	133.8	151.1	168.4	100	90.2	146.2	196.2	293.5
16	100	146.2	187.0	224.0	258.0	100	124.0	145.0	115.2	100	116.6	133.2	149.8	166.4	100	89.8	143.4	198.5	295.9
18	100	145.0	185.1	222.0	256.0	100	125.3	144.0	116.0	100	115.9	131.7	148.0	163.9	100	89.9	140.9	200.0	298.1
20	100	142.0	184.0	221.0	253.0	100	128.0	146.0	117.9	100	115.4	130.8	148.1	163.5	100	88.7	138.6	200.0	300.0
22	100	144.0	184.9	222.0	254.0	100	129.5	146.8	119.6	100	114.9	129.9	146.6	161.6	100	89.0	139.0	205.3	307.0
24	100	145.2	183.0	222.0	255.8	100	130.8	147.0	120.0	100	114.5	130.0	145.3	160.9	100	89.4	139.4	210.2	313.6
26	100	144.0	185.0	221.9	254.0	100	133.0	147.8	121.5	100	114.1	129.9	144.4	160.2	100	89.7	139.9	215.2	320.9
28	100	142.9	184.0	222.0	254.2	100	132.5	147.9	121.5	100	113.7	129.1	143.8	159.2	100	89.9	140.6	220.5	329.3
30	100	141.5	185.0	222.0	254.1	100	134.9	148.5	123.2	100	113.3	128.3	143.3	158.3	100	90.2	141.2	225.5	337.3
35	100	140.9	183.5	222.5	255.0	100	136.5	149.0	124.0	100	112.5	126.6	140.6	154.7	100	90.8	140.8	237.0	355.6
40	100	140.5	181.0	221.0	256.0	100	138.2	148.5	125.0	100	111.8	125.0	138.2	152.9	100	89.7	141.4	243.1	365.5
45	100	138.2	178.2	218.0	254.8	100	140.5	150.3	126.2	100	111.1	123.6	136.1	150.0	100	88.5	141.0		
50	100	138.0	176.0	214.0	248.0	100	141.5	150.5	127.0	100	110.5	122.4	134.2	147.4	100	89.2	141.5		
55	100	136.0	173.9	210.0	243.0	100	142.6	150.5	128.0	100	110.0	121.3	133.8	145.0	100	88.2	141.2		
60	100	135.9	173.0	208.0	241.8	100	144.0	151.4	129.0	100	109.6	120.2	132.1	142.9	100	87.5	141.7		
65	100	136.4	171.5	204.5	236.5	100	144.8	151.0	129.5	100	109.1	119.3	130.7	140.9	100	88.1	142.5		
70	100	137.0	170.5	204.4	234.0	100	146.0	151.5	130.0	100	108.7	118.5	129.3	139.1	100	87.7	142.4		
75	100	137.0	170.0	203.0	233.0	100	147.5	153.0	130.8	100	108.3	117.7	128.1	137.5	100	86.6	141.5		
80	100	136.5	169.5	201.0	230.0	100	147.8	152.0	131.2						100	86.8	188.9		
85	100	136.0	169.0	200.0	227.0										100	86.0			
90	100	135.5	168.0	198.0	224.0														
95	100	136.0	167.2	197.0	222.0														
100	100	134.5	166.9	196.4	221.0														

Tabelle 25: Absolute kumulierte Betrachtung

cm Weg	Work-Factor					MTM				BMT					DMT				
	Absolute kumulierte Betrachtung					Absolute kumulierte Betrachtung				Absolute kumulierte Betrachtung					Absolute kumulierte Betrachtung				
	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_0	M_1	M_2	M_3	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4
	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.
2	0	+ 6.4	+ 12.8	+ 17.6	+ 22.4	0	± 0	± 0	± 0	0	+ 5.6	+ 10.8	+ 16.4	+ 18.9	0	- 4.8	+ 11.2	+ 20.8	+ 37.6
4	0	+ 7.4	+ 15.4	+ 22.6	+ 28.0	0	± 0	+ 10.2	- 1.2	0	+ 6.0	+ 12.0	+ 18.6	+ 25.2	0	- 3.6	+ 14.6	+ 26.0	+ 48.8
6	0	+ 9.4	+ 17.8	+ 25.6	+ 32.0	0	± 0	+ 12.0	- 0.6	0	+ 6.4	+ 12.8	+ 19.8	+ 26.8	0	- 1.5	+ 15.4	+ 26.8	+ 52.0
8	0	+ 10.4	+ 19.6	+ 28.8	+ 36.0	0	± 0	+ 12.0	± 0	0	+ 7.0	+ 14.2	+ 21.2	+ 28.4	0	- 4.4	+ 14.0	+ 26.4	+ 54.0
10	0	+ 13.0	+ 22.0	+ 32.0	+ 40.0	0	+ 1.2	+ 13.6	+ 4.0	0	+ 7.0	+ 15.0	+ 22.0	+ 30.0	0	- 4.0	+ 16.0	+ 30.0	+ 60.0
12	0	+ 12.6	+ 25.2	+ 29.6	+ 37.6	0	+ 6.0	+ 16.2	+ 5.4	0	+ 7.0	+ 15.0	+ 22.8	+ 30.8	0	- 3.2	+ 16.8	+ 30.8	+ 65.6
14	0	+ 13.4	+ 27.2	+ 38.4	+ 49.0	0	+ 8.4	+ 17.4	+ 6.0	0	+ 8.0	+ 16.0	+ 24.0	+ 32.0	0	- 3.6	+ 17.0	+ 35.4	+ 71.2
16	0	+ 15.4	+ 28.8	+ 41.2	+ 52.6	0	+ 10.2	+ 19.2	+ 6.6	0	+ 8.0	+ 16.0	+ 24.0	+ 32.0	0	- 4.0	+ 17.0	+ 38.6	+ 77.4
18	0	+ 16.0	+ 30.4	+ 43.6	+ 55.6	0	+ 11.4	+ 19.8	+ 7.2	0	+ 8.0	+ 16.0	+ 24.2	+ 32.2	0	- 4.2	+ 17.0	+ 41.6	+ 82.4
20	0	+ 16.0	+ 32.0	+ 46.0	+ 58.0	0	+ 13.2	+ 21.6	+ 8.4	0	+ 8.0	+ 16.0	+ 25.0	+ 33.0	0	- 5.0	+ 17.0	+ 44.0	+ 88.0
22	0	+ 17.6	+ 33.6	+ 48.4	+ 61.2	0	+ 14.4	+ 22.8	+ 9.6	0	+ 8.0	+ 16.0	+ 25.0	+ 33.0	0	- 5.0	+ 17.8	+ 48.0	+ 94.4
24	0	+ 18.6	+ 34.0	+ 50.2	+ 63.8	0	+ 15.6	+ 24.0	+ 10.2	0	+ 8.0	+ 16.6	+ 25.0	+ 33.6	0	- 5.0	+ 18.6	+ 52.0	+100.8
26	0	+ 19.0	+ 36.4	+ 52.2	+ 66.2	0	+ 17.4	+ 25.2	+ 11.4	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 25.2	+ 34.2	0	- 5.0	+ 19.4	+ 56.0	+107.4
28	0	+ 19.0	+ 37.4	+ 54.4	+ 68.6	0	+ 18.0	+ 26.4	+ 12.0	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 25.6	+ 34.6	0	- 5.0	+ 20.2	+ 60.0	+114.2
30	0	+ 19.0	+ 39.0	+ 56.0	+ 71.0	0	+ 19.8	+ 27.6	+ 13.2	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 26.0	+ 35.0	0	- 5.0	+ 21.0	+ 64.0	+121.0
35	0	+ 20.0	+ 41.0	+ 60.0	+ 76.0	0	+ 22.8	+ 30.6	+ 15.0	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 26.0	+ 35.0	0	- 5.0	+ 22.0	+ 74.0	+138.0
40	0	+ 21.0	+ 42.0	+ 63.0	+ 81.0	0	+ 25.8	+ 33.0	+ 16.8	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 26.0	+ 36.0	0	- 6.0	+ 24.0	+ 83.0	+154.0
45	0	+ 21.0	+ 43.0	+ 65.0	+ 85.0	0	+ 29.4	+ 36.6	+ 19.2	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 26.0	+ 36.0	0	- 7.0	+ 25.0		
50	0	+ 22.0	+ 44.0	+ 66.0	+ 86.0	0	+ 32.4	+ 39.6	+ 21.0	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 26.0	+ 36.0	0	- 7.0	+ 27.0		
55	0	+ 22.0	+ 45.0	+ 67.0	+ 87.0	0	+ 35.4	+ 42.0	+ 23.4	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 27.0	+ 36.0	0	- 8.0	+ 28.0		
60	0	+ 23.0	+ 46.0	+ 68.0	+ 89.0	0	+ 39.0	+ 45.6	+ 25.8	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 27.0	+ 36.0	0	- 9.0	+ 30.0		
65	0	+ 24.0	+ 47.0	+ 69.0	+ 90.0	0	+ 42.0	+ 48.0	+ 27.6	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 27.0	+ 36.0	0	- 9.0	+ 32.0		
70	0	+ 25.0	+ 48.0	+ 71.0	+ 91.0	0	+ 45.6	+ 51.0	+ 29.4	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 27.0	+ 36.0	0	- 9.7	+ 33.3		
75	0	+ 26.0	+ 49.0	+ 72.0	+ 93.0	0	+ 49.2	+ 54.6	+ 31.8	0	+ 8.0	+ 17.0	+ 27.0	+ 36.0	0	- 11.0	+ 34.0		
80	0	+ 26.4	+ 50.2	+ 72.3	+ 93.8	0	+ 52.2	+ 57.0	+ 34.2						0	- 11.7	+ 78.2		
85	0	+ 26.7	+ 51.8	+ 74.6	+ 94.5										0	- 14.0			
90	0	+ 27.4	+ 52.4	+ 75.6	+ 95.6														
95	0	+ 28.2	+ 53.2	+ 76.8	+ 96.8														
100	0	+ 28.0	+ 54.0	+ 78.0	+ 98.0														

Tabelle 26: Relative stufenweise Betrachtung

cm Weg	Work-Factor					MTM				BMT					DMT				
	Relativ stufenweise Betrachtung					Relativ stufenweise Betrachtung				Relativ stufenweise Betrachtung					Relativ stufenweise Betrachtung				
	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_0	M_1	M_2	M_3	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
2	100	145.2	125.8	121.5	115.0	100	100.0	100.0	100.0	100	119.5	115.1	114.1	105.5	100	62.5	300.0	140.0	150.0
4	100	144.0	128.0	120.0	114.9	100	100.0	150.0	62.7	100	117.9	115.1	114.5	112.6	100	81.6	213.8	133.3	150.0
6	100	142.9	129.0	121.0	114.2	100	100.0	144.2	67.8	100	117.2	114.7	114.0	112.3	100	93.8	175.1	128.9	149.6
8	100	142.5	131.5	119.4	115.2	100	100.0	136.4	73.4	100	117.7	115.5	113.0	111.8	100	85.3	171.9	128.2	148.9
10	100	140.9	130.5	121.2	114.8	100	103.4	133.3	81.0	100	116.7	116.3	112.3	112.5	100	87.5	171.4	129.2	148.4
12	100	139.2	129.8	122.9	114.2	100	115.8	123.0	80.4	100	115.8	115.6	113.1	111.9	100	90.7	164.1	127.3	153.4
14	100	139.0	128.0	123.0	116.0	100	120.5	118.2	80.5	100	116.5	114.9	112.9	111.5	100	90.2	162.0	134.2	149.6
16	100	139.2	128.2	122.0	116.4	100	124.0	117.0	79.6	100	116.6	114.2	112.5	111.1	100	89.8	159.7	138.4	149.1
18	100	136.0	127.9	121.0	115.7	100	125.3	115.0	80.5	100	115.9	113.7	112.3	110.7	100	89.9	156.7	141.9	149.0
20	100	135.9	126.9	120.3	116.0	100	128.0	114.0	80.7	100	115.4	113.3	113.2	110.4	100	88.7	156.4	144.3	150.0
22	100	136.4	125.8	119.5	115.5	100	129.5	113.2	81.5	100	114.9	113.0	112.9	110.2	100	89.0	156.1	147.6	149.6
24	100	144.5	131.0	117.5	115.0	100	130.8	112.6	81.6	100	114.5	113.6	111.7	110.7	100	89.4	155.9	150.8	149.2
26	100	136.2	128.5	118.5	114.0	100	133.0	111.1	82.3	100	114.1	113.9	111.1	111.0	100	89.7	156.0	153.8	149.1
28	100	145.0	128.0	120.0	114.0	100	132.5	111.5	82.3	100	113.7	113.6	111.4	110.7	100	90.0	156.3	156.9	149.4
30	100	145.5	128.0	122.0	114.0	100	134.9	110.2	83.0	100	113.3	113.2	111.7	110.5	100	90.2	156.5	159.7	149.6
35	100	150.0	123.0	121.0	114.0	100	136.5	109.2	83.2	100	112.5	112.5	111.1	110.0	100	90.7	155.1	168.4	150.0
40	100	148.5	128.0	118.2	115.3	100	138.2	107.5	84.0	100	111.8	111.8	110.6	110.6	100	89.7	157.7	172.0	150.4
45	100	147.0	127.5	120.0	115.3	100	140.5	107.1	84.0	100	111.1	111.3	110.2	110.2	100	88.5	159.3		
50	100	145.7	127.3	120.0	115.4	100	141.5	106.4	84.3	100	110.5	110.7	109.7	109.8	100	89.2	158.6		
55	100	145.0	128.0	120.0	115.2	100	142.6	105.9	85.0	100	110.0	110.2	110.3	108.4	100	88.2	160.0		
60	100	142.0	129.9	120.0	114.4	100	144.0	105.0	85.4	100	109.5	109.8	109.9	108.1	100	87.5	161.9		
65	100	144.0	128.0	120.2	114.5	100	144.8	104.5	85.6	100	109.1	109.4	109.5	107.8	100	88.1	161.8		
70	100	137.0	124.8	119.9	114.5	100	146.0	103.9	85.6	100	108.7	109.0	109.2	107.6	100	87.7	162.3		
75	100	137.0	124.0	119.4	114.9	100	147.5	103.8	85.5	100	108.3	108.7	108.8	107.3	100	88.6	163.4		
80	100	136.5	124.0	119.0	114.3	100	147.8	103.2	86.2						100	86.8	217.7		
85	100	136.0	124.2	118.5	113.3										100	86.0			
90	100	135.5	124.0	117.8	113.0														
95	100	136.0	123.2	117.8	112.9														
100	100	134.5	124.0	117.8	112.8														

Tabelle 27: Absolute stufenweise Betrachtung

cm Weg	Work-Factor					MTM				BMT					DMT				
	Absolute stufenweise Betrachtung					Absolute stufenweise Betrachtung				Absolute stufenweise Betrachtung					Absolute stufenweise Betrachtung				
	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_0	M_1	M_2	M_3	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_o	M_1	M_2	M_3	M_4
	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.	abs.
2	0	+ 6.4	+ 6.4	+ 4.8	+ 4.8	0	± 0	± 0	± 0	0	+ 5.6	+ 5.2	+ 5.6	+ 2.5	0	- 4.8	+ 16.0	+ 9.6	+ 16.8
4	0	+ 7.4	+ 8.0	+ 6.6	+ 6.0	0	± 0	+ 10.2	- 11.4	0	+ 6.0	+ 6.0	+ 6.6	+ 6.6	0	- 3.6	+ 18.2	+ 11.4	+ 22.8
6	0	+ 9.4	+ 8.4	+ 7.8	+ 6.4	0	± 0	+ 12.0	- 12.6	0	+ 6.4	+ 6.4	+ 7.0	+ 7.0	0	- 1.5	+ 16.9	+ 11.4	+ 25.2
8	0	+ 10.4	+ 9.2	+ 9.2	+ 7.2	0	± 0	+ 12.0	- 12.0	0	+ 7.0	+ 7.2	+ 7.0	+ 7.2	0	- 4.4	+ 18.4	+ 12.4	+ 27.6
10	0	+ 13.0	+ 9.0	+ 10.0	+ 8.0	0	+ 1.2	+ 12.6	- 9.6	0	+ 7.0	+ 8.0	+ 7.0	+ 8.0	0	- 4.0	+ 20.0	+ 14.0	+ 30.0
12	0	+ 13.6	+ 11.6	+ 4.4	+ 9.6	0	+ 6.0	+ 10.2	- 10.8	0	+ 7.0	+ 8.0	+ 7.8	+ 8.0	0	- 3.2	+ 20.0	+ 14.0	+ 34.8
14	0	+ 13.4	+ 13.8	+ 11.2	+ 10.6	0	+ 8.4	+ 9.0	- 11.4	0	+ 8.0	+ 8.0	+ 8.0	+ 8.0	0	- 3.6	+ 20.6	+ 18.4	+ 35.8
16	0	+ 15.4	+ 13.4	+ 12.4	+ 11.4	0	+ 10.2	+ 9.0	- 12.6	0	+ 8.0	+ 8.0	+ 8.0	+ 8.0	0	- 4.0	+ 21.0	+ 21.6	+ 38.2
18	0	+ 16.0	+ 14.4	+ 13.2	+ 12.0	0	+ 11.4	+ 8.4	- 12.6	0	+ 8.0	+ 8.0	+ 8.2	+ 8.0	0	- 4.2	+ 21.2	+ 24.6	+ 40.8
20	0	+ 16.0	+ 16.0	+ 14.0	+ 12.0	0	+ 13.2	+ 8.4	- 13.2	0	+ 8.0	+ 8.0	+ 9.0	+ 8.0	0	- 5.0	+ 22.0	+ 27.0	+ 44.0
22	0	+ 17.6	+ 16.0	+ 14.8	+ 12.8	0	+ 14.4	+ 8.4	- 13.2	0	+ 8.0	+ 8.0	+ 9.0	+ 8.0	0	- 5.0	+ 22.8	+ 30.2	+ 46.4
24	0	+ 18.6	+ 15.4	+ 16.2	+ 13.6	0	+ 15.6	+ 8.4	- 13.8	0	+ 8.0	+ 8.6	+ 8.4	+ 8.6	0	- 5.0	+ 23.6	+ 33.4	+ 48.8
26	0	+ 19.0	+ 17.4	+ 15.8	+ 14.0	0	+ 17.4	+ 7.8	- 13.8	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 8.2	+ 9.0	0	- 5.0	+ 24.4	+ 36.6	+ 51.4
28	0	+ 19.0	+ 18.4	+ 17.0	+ 14.2	0	+ 18.0	+ 8.4	- 14.4	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 8.6	+ 9.0	0	- 5.0	+ 25.2	+ 39.8	+ 54.2
30	0	+ 19.0	+ 20.0	+ 17.0	+ 15.0	0	+ 19.8	+ 7.8	- 14.4	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 9.0	+ 9.0	0	- 5.0	+ 26.0	+ 43.0	+ 57.0
35	0	+ 20.0	+ 21.0	+ 19.0	+ 16.0	0	+ 22.8	+ 7.8	- 15.6	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 9.0	+ 9.0	0	- 5.0	+ 27.0	+ 52.0	+ 64.0
40	0	+ 21.0	+ 21.0	+ 21.0	+ 18.0	0	+ 25.8	+ 7.2	- 16.2	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 9.0	+ 10.0	0	- 6.0	+ 30.0	+ 59.0	+ 71.0
45	0	+ 21.0	+ 22.0	+ 22.0	+ 20.0	0	+ 29.4	+ 7.2	- 17.4	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 9.0	+ 10.0	0	- 7.0	+ 32.0		
50	0	+ 22.0	+ 22.0	+ 22.0	+ 20.0	0	+ 32.4	+ 7.2	- 18.6	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 9.0	+ 10.0	0	- 7.0	+ 34.0		
55	0	+ 22.0	+ 23.0	+ 22.0	+ 20.0	0	+ 35.4	+ 6.6	- 18.6	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 10.0	+ 9.0	0	- 8.0	+ 36.0		
60	0	+ 23.0	+ 23.0	+ 22.0	+ 21.0	0	+ 39.0	+ 6.6	- 19.8	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 10.0	+ 9.0	0	- 9.0	+ 39.0		
65	0	+ 24.0	+ 23.0	+ 22.0	+ 21.0	0	+ 42.0	+ 6.0	- 20.4	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 10.0	+ 9.0	0	- 9.0	+ 41.0		
70	0	+ 25.0	+ 23.0	+ 23.0	+ 20.0	0	+ 45.6	+ 5.4	- 21.6	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 10.0	+ 9.0	0	- 9.7	+ 43.0		
75	0	+ 26.0	+ 23.0	+ 23.0	+ 21.0	0	+ 49.2	+ 5.4	- 22.8	0	+ 8.0	+ 9.0	+ 10.0	+ 9.0	0	- 11.0	+ 45.0		
80	0	+ 26.4	+ 23.8	+ 23.0	+ 20.6	0	+ 52.2	+ 4.8	- 22.8						0	- 11.7	+ 89.9		
85	0	+ 26.7	+ 24.6	+ 23.3	+ 19.9										0	- 14.0			
90	0	+ 27.4	+ 25.0	+ 23.2	+ 20.0														
95	0	+ 28.2	+ 25.0	+ 23.6	+ 20.0														
100	0	+ 28.0	+ 26.0	+ 24.0	+ 20.0														

Zur Prüfung dieser Fragen wurde davon ausgegangen, daß es sich bei den SvZ um arithmetische Zeitmittelwerte handelt. Die absoluten und relativen Maßeinheiten der Merkmalsstufen wurden dementsprechend auf ihre Abweichungen von dem sich aus den Zahlenreihen ergebenden Mittelwert der absoluten und relativen Maßeinheit untersucht. Aus den Tabellen 24, 25, 26 und 27 wurden hierfür folgende Ergebnisse errechnet (vgl. Tabellen 28, 29, 30, 31).

Die Schwankungsbreite bei relativer kumulierter Betrachtungsweise ist, wie aus Tabelle 28 im Vergleich zu Tabelle 29 eindeutig hervorgeht, erheblich niedriger als die bei absoluter kumulierter Betrachtung.

Ähnlich verhalten sich die Ergebnisse bei relativer und absoluter stufenweiser Betrachtung.

Es scheint sich also demnach in keinem Fall um eine absolute Merkmalsstufengesetzmäßigkeit zu handeln, da σ_r bei absoluter Merkmalsstufenanalyse erheblich höher bei den einzelnen SvZ liegt. Die einzelnen Merkmalsstufenzeitwerte müßten demnach durch relative Relationen aufgebaut worden sein.

Schwieriger wird die Entscheidung schon in bezug auf die Frage, ob es sich, wenn geklärt ist, daß es sich eher um relative als um absolute Gesetzmäßigkeiten handelt, um eine "kumulierte" oder "stufenweise" Gesetzmäßigkeit handelt.

Vergleicht man hierzu die Tabellen 28 und 30, so müßte angenommen werden, daß es sich bei den SvZ um eine kumulative relative Gesetzmäßigkeit handelt.

Tabelle 28: Standardabweichung und relatives Streuungsmaß bei relativer kumulierter Betrachtungsweise

System	Merkmal	Stufe	$\bar{x}$	σ	σ_r
WF	M_1	t_0t_1 in %	141.212	4.278	3.02 %
	M_2	t_0t_2 in %	179.812	7.514	4.17 %
	M_3	t_0t_3 in %	215.479	9.846	4.56 %
	M_4	t_0t_4 in %	247.162	12.236	4.95 %
MTM	M_1	t_0t_1 in %	127.107	16.266	12.79 %
	M_2	t_0t_2 in %	144.032	11.723	8.13 %
	M_3	t_0t_3 in %	117.915	11.068	9.38 %
BMT	M_1	t_0t_1 in %	114.003	3.238	2.84 %
	M_2	t_0t_2 in %	128.818	5.986	4.64 %
	M_3	t_0t_3 in %	144.055	8.673	6.02 %
	M_4	t_0t_4 in %	158.984	11.229	7.06 %
DMT	M_1	t_0t_1 in %	87.121	7.027	8.06 %
	M_2	t_0t_2 in %	148.949	15.001	10.07 %
	M_3	t_0t_3 in %	216.476	21.632	9.99 %
	M_4	t_0t_4 in %	324.012	32.773	10.11 %

Dies würde bedeuten, daß die Begründer der SvZ jeweils von den Grundbewegungszeiten als Basis ausgegangen sind und hieraus durch Multiplikation ihre Zeitwerte nächstfolgender Schwierigkeitsgradstufen gebildet haben.

Die mittleren relativen (kumuliert und stufenweise) Zuschlagsfaktoren sind noch einmal mit den dazugehörenden Konfidenzgrenzen bei w = 0.95 in Tabelle 32 zusammengefaßt worden.

Tabelle 29: Standardabweichung und relatives Streuungsmaß bei absoluter kumulierter Betrachtungsweise

System	Merkmal	Stufe	$\bar{x}$	σ	σ_r
WF	M_1	t_0t_1 abs.	18.777	6.381	33.98 %
	M_2	t_0t_2 abs.	36.433	12.439	34.14 %
	M_3	t_0t_3 abs.	52.896	18.650	35.25 %
	M_4	t_0t_4 abs.	67.553	24.061	35.61 %
MTM	M_1	t_0t_1 abs.	19.043	15.592	81.87 %
	M_2	t_0t_2 abs.	26.465	15.188	57.39 %
	M_3	t_0t_3 abs.	12.995	9.770	75.18 %
BMT	M_1	t_0t_1 abs.	7.540	0.809	10.73 %
	M_2	t_0t_2 abs.	15.650	2.002	12.78 %
	M_3	t_0t_3 abs.	23.997	3.159	13.16 %
	M_4	t_0t_4 abs.	32.233	4.562	14.15 %
DMT	M_1	t_0t_1 abs.	5.929	2.843	47.93 %
	M_2	t_0t_2 abs.	22.127	10.944	49.46 %
	M_3	t_0t_3 abs.	43.824	18.058	41.20 %
	M_4	t_0t_4 abs.	84.562	33.390	39.39 %

Hierbei kann festgestellt werden, daß der höchste mittlere Zuschlagsfaktor $\bar{x}$ zur Basiszeit der Grundbewegung des Merkmals 0 (M_0) bei

WF	247.16 %	$\longrightarrow M_0M_4$
MTM	144.03 %	$\longrightarrow M_0M_2$
BMT	158.98 %	$\longrightarrow M_0M_4$
DMT	324.01 %	$\longrightarrow M_0M_4$

beträgt.

Tabelle 30: Standardabweichung und relatives Streuungsmaß bei relativer stufenweiser Betrachtungsweise

System	Merkmal	Stufe	$\bar{x}$	σ	σ_r
WF	M_1	t_0t_1 in %	141.212	4.278	3.02 %
	M_2	t_1t_2 in %	127.337	2.401	1.88 %
	M_3	t_2t_3 in %	119.900	1.479	1.23 %
	M_4	t_3t_4 in %	114.689	0.909	0.79 %
MTM	M_1	t_0t_1 in %	127.107	16.266	12.79 %
	M_2	t_1t_2 in %	114.524	12.336	10.77 %
	M_3	t_2t_3 in %	82.095	6.650	8.10 %
BMT	M_1	t_0t_1 in %	114.003	3.238	2.84 %
	M_2	t_1t_2 in %	112.935	2.167	1.91 %
	M_3	t_2t_3 in %	111.750	1.652	1.47 %
	M_4	t_3t_4 in %	110.293	1.648	1.49 %
DMT	M_1	t_0t_1 in %	87.121	7.027	8.06 %
	M_2	t_1t_2 in %	173.849	37.849	21.77 %
	M_3	t_2t_3 in %	144.638	13.559	9.37 %
	M_4	t_3t_4 in %	149.659	0.846	0.56 %

Mit 324.01 % hat DMT den größten mittleren relativen Zuschlagsfaktor für die höchste Schwierigkeitsgradstufe; danach folgt das Work-Factor-System.

Es steht unseres Erachtens außer Zweifel, daß die funktionale Abhängigkeit zwischen der Zeit einerseits und der Entfernung, den Einflußfaktoren und den Schwierigkeitsgraden andererseits besteht; es ist jedoch ohne eingehende Versuche und statisti-

Tabelle 31: Standardabweichung und relatives Streuungsmaß bei absoluter stufenweiser Betrachtungsweise

System	Merkmal	Stufe	$\bar{x}$	σ	σ_r
WF	M_1	t_0t_1 abs.	18.777	6.381	33.98 %
	M_2	t_1t_2 abs.	17.645	6.113	34.64 %
	M_3	t_2t_3 abs.	16.492	6.347	38.48 %
	M_4	t_3t_4 abs.	14.651	5.411	36.93 %
MTM	M_1	t_0t_1 abs.	19.043	15.592	81.87 %
	M_2	t_1t_2 abs.	7.427	2.795	37.63 %
	M_3	t_2t_3 abs.	14.084	5.179	36.77 %
BMT	M_1	t_0t_1 abs.	7.540	0.809	10.73 %
	M_2	t_1t_2 abs.	8.110	1.224	15.09 %
	M_3	t_2t_3 abs.	8.348	1.243	14.88 %
	M_4	t_3t_4 abs.	8.235	1.502	18.23 %
DMT	M_1	t_0t_1 abs.	5.929	2.843	47.93 %
	M_2	t_1t_2 abs.	27.711	12.975	46.82 %
	M_3	t_2t_3 abs.	26.496	14.947	56.41 %
	M_4	t_3t_4 abs.	40.717	15.359	37.72 %

sche Grundlagen nicht möglich, das System herauszufinden, welches die funktionalen Zusammenhänge am korrektesten analysiert hat.

Es ist weiterhin zweifelhaft, ob eine solch einfache relative Gesetzmäßigkeit von Basiszeit und Schwierigkeitsgradstufenzeit so ohne weiteres möglich ist und sich aus Versuchen

Tabelle 32: Mittlere relative Zuschlagsfaktoren und Konfidenzgrenzen bei w = 0.95

Bez.	Work-Factor				MTM			BMT				DMT			
	M_1	M_2	M_3	M_4	R-B	R-C-D	R-E	B	BV	C	CV	w	b	i	s
kum.	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
p_o	142.42	181.93	218.27	250.62	132.09	147.62	121.29	115.0	130.68	146.74	162.46	89.22	153.54	224.35	335.94
$\bar{x}$	141.21	179.81	215.69	247.16	127.11	144.03	117.91	114.0	128.82	144.05	158.98	87.12	148.95	216.48	324.01
p_u	139.99	177.69	212.69	243.69	122.13	140.44	114.52	112.9	126.96	141.36	155.49	85.02	144.36	208.61	312.08
Einzel	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
p_o	142.42	128.02	120.32	114.95	132.09	118.29	84.14	115.0	113.6	112.26	110.80	89.22	185.44	149.58	149.97
$\bar{x}$	141.21	127.34	119.90	114.69	127.11	114.52	82.09	114.0	112.9	111.75	110.29	87.12	173.85	144.64	149.66
p_u	139.99	126.66	119.48	114.43	122.13	110.74	80.06	112.9	112.2	111.24	109.78	85.02	162.26	139.70	149.35

ergeben haben kann. Solche Gleichmäßigkeiten, wie in den Tabellen 24, 25, 26, 27 und 32 dargestellt, scheinen uns bei eingehender Betrachtung der in den Tabellenwerten enthaltenen sehr komplizierten und quantitativ nur sehr schwer faßbaren Funktion $t = f(D; E_j)$ äußerst problematisch. Was die relative stufenweise Betrachtung der Tabellenzeitwerte angeht, so sind wir wie Rehhahn der Ansicht,[1] daß es wenig einleuchtend ist, wenn "die zunehmende Beherrschung" einer Bewegung degressive Mehrzeiten erfordert. Dies gilt vor allem für die Systeme: Work-Factor, MTM und BMT, während bei DMT außer bei M_0M_2 in den einzelnen Stufen ein progressiver Verlauf festzustellen ist (vgl. Tabelle 30 und 32).

Aus Abbildung 5 kann festgestellt werden, daß bei Work-Factor und BMT mit zunehmender Entfernung die Zeitwerte flacher verlaufen, während bei DMT dieser Effekt nur bedingt festgestellt werden kann, obwohl eine tendenzielle Verflachung der DMT-Kurve mit zunehmender Entfernung besteht.

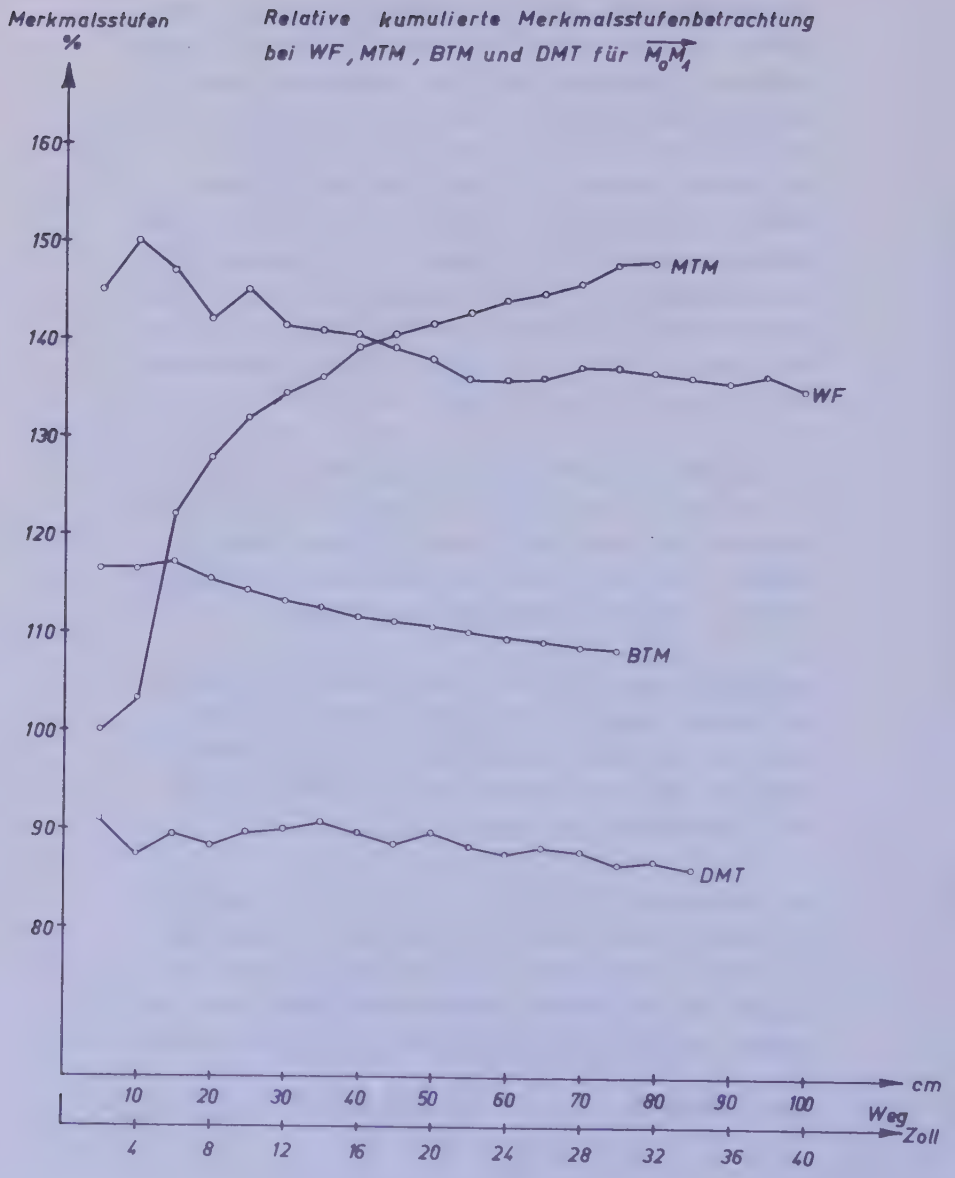
Das MTM-System weicht hier vollends ab, da die Zeitwerte bei relativer kumulierter Merkmalsstufenbetrachtung von M_0M_1 mit zunehmender Entfernung progressiv verlaufen. Dies deutet auf eine Proportionalität der MTM-Kurven hin, wie sie ja auch tatsächlich gegeben ist.

Wie schon erwähnt, bezweifeln wir jedoch für die Funktion $t = f(D; E_j)$ diese direkte Proportionalität. Wir neigen zu der Ansicht, daß die funktionalen Zusammenhänge dann schon eher dem bei Work-Factor oder BMT gefundenen Verlauf entsprechen, da in der Zeitfunktion sowohl Beschleunigungs- als

---

1) Vgl. REHHAHN, H., Kritik am "Workfactor", a.a.O., S. 111.

ABBILDUNG: 5


Merkmalsstufen
%
Relative kumulierte Merkmalsstufenbetrachtung
bei WF, MTM, BTM und DMT für $\overrightarrow{M_0M_1}$
160
150
140
130
120
110
100
90
80
MTM
WF
BTM
DMT
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
cm
Weg
4 8 12 16 20 24 28 32 36 40
Zoll

auch Verzögerungswerte der verschiedenen Bewegungen bei den einzelnen Entfernungsintervallen zu berücksichtigen sind. [1]

Es kann deshalb keine direkte Proportionalität wie bei MTM bestehen. Dieses Ergebnis soll keine endgültige Bewertung für die Anwendbarkeit der MTM-Tabellenwerte darstellen. Es soll durch diese Analyse nur darauf hingewiesen werden, daß gerade im Arbeitsstudium sicherlich schwierigere funktionale Zusammenhänge bestehen als die im MTM-System enthaltenen direkten Proportionalitäten. Da jedoch von keinem der SvZ das Grundlagenmaterial nachgeprüft werden kann, kann aufgrund der Ablehnung der direkten Proportionalität auf gar keinen Fall auf die absolute Richtigkeit der funktionalen Zusammenhänge irgendeines anderen Systems vorbestimmter Zeiten geschlossen werden.

Es muß jedoch auch hier wiederum auf die Ungenauigkeit und die sich möglicherweise aus solch offensichtlich unvollständigen funktionalen Zusammenhängen ergebenden Fehler hingewiesen werden.

---

1) Für Work-Factor wird nach REHHAHN, H., Kritik an "Workfactor", a.a.O., S. 111, dieser Effekt damit begründet, "daß für den Anschwung und das Abbremsen einer Bewegung eine gewisse Mehrzeit erforderlich sei".

3333. Beeinflussung der Zeiten durch Gewichtsangaben

Auch in bezug auf die Berücksichtigung von Gewichten ergeben sich bei MTM und Work-Factor wesentliche Unterschiede.

Während das WF-System Gewichtsbelastungen für die männliche wie auch für die weibliche Arbeitskraft in direkte Beziehung zu den Merkmalsstufen und damit der Bewegungsbeherrschung bringt, hat das MTM-System für die Gewichtseinflüsse eine eigene Bewertungsskala, die man als Gewichtsumrechnungsfaktoren bezeichnen könnte.

Gingen die SvZ von gleichen Grundlagen aus, so müßte die Analyse von Gewichtsbelastungen, ganz gleich wie diese in die Tabellenzeiten zu integrieren sind, zu gleichen Ergebnissen führen. In Tabelle 33 wurde deshalb an Hand der WF-"Arm"- und MTM-"Bringen" - Bewegungszeittabelle beispielhaft versucht, die Unterschiede sowohl in der Vorgehensweise als auch in den Ergebnissen herauszuarbeiten.

Das WF-Verfahren unterscheidet fünf Gewichtsintervalle, und hier wiederum zwischen Mann und Frau, während das MTM-System zwölf Stufen mit einer Gleichstellung der Gewichtsbelastungen bei Mann und Frau hat.

Bei MTM ist in den Tabellen eindeutig die Gewichtsbelastungsobergrenze bei 22 kg (Tabelle MTM - Move). Beim MTM-System erhöht sich erst ab 22 kg die Zeit nicht mehr weiter. Die fünfte Stufe von WF gibt keine exakte Gewichtsbelastungsobergrenze an, was zu Fehlern führen kann. Die Grenze ist bei WF schon bei 9.1 kg erreicht. Ab 9.1 kg wird keine Diffe-

Tabelle 33: Gewichtsstufenvergleich zwischen MTM und Work-Factor

Gewichtsstufen in kg WF	Bezeichnung WF	Wert WF	Prozentuale Steigerg.	Gewichtsstufen in kg MTM	Bezeichnung MTM	Wert MTM	Prozentuale Steigerg.	Wert Abweichung in %
0 - 0.9	A 10	26	100	0 - 1	M 10	36	100	138.5
0.9 - 3.2	A 10 W	38	146	1 - 2	M 10 . 1.04	37.44	104	98.5
3.2 - 5.9	A 10 WW	48	184.5	2 - 3.2	M 10 . 1.07	38.52	107	101.3
5.9 - 9.0	A 10 WWW	58	223	3.2 - 4	M 10 . 1.07	38.52	107	80.3
9.0 - ∞	A 10 WWWW	66	254	4 - 5.9	M 10 . 1.12	40.32	112	84.0
				5.9 - 6	M 10 . 1.12	40.32	112	69.5
				6 - 8	M 10 . 1.17	42.12	117	72.5
				9 - 10	M 10 . 1.22	43.92	122	66.5
				10 - 12	M 10 . 1.27	45.72	127	69.0
				12 - 14	M 10 . 1.32	47.52	132	72.0
				14 - 16	M 10 . 1.36	48.96	136	74.0
				16 - 18	M 10 . 1.41	50.76	141	76.6
				18 - 20	M 10 . 1.46	52.56	146	79.6
				20 - 22	M 10 . 1.51	54.36	151	82.3

renzierung der Gewichtsintervalle mehr durchgeführt. Bei MTM steigt jedoch der Zeitwert in der Gewichtsbelastungsstrecke von 9.1 kg bis 22 kg = 12.9 kg noch von 122 % auf 151 %.

Die 9-kg-Obergrenze von WF könnte natürlich auch dahingehend interpretiert werden, daß höhere Gewichtsbelastungen als 9 kg in industriellen Fertigungsprozessen nur selten vorkommen und daß es deshalb sinnvoll ist, solch hohe Belastungen von vorneherein zu eliminieren.

Aus Tabelle 33 kann weiterhin ersehen werden, daß die Steigerungen der Zeitwerte durch Gewichtsbelastungen bei WF wesentlich stärker sind als bei MTM.

In der höchsten Stufe wird der WF-Basiswert auf 254 % erhöht, während der MTM-Basiswert nur 151 % Steigerung erfährt. Geht man von den absoluten Zeitwerten aus, so bedeutet dies, daß das Gewicht bei WF einen wesentlich größeren Einfluß hat als beim MTM-Verfahren. Dies geht auch aus Abbildung 6 hervor. Im Vergleich zu MTM sind die Gewichtsintervalle von WF wesentlich gröber. Die unterschiedliche Behandlung von Belastungsintervallen soll deshalb einer kritischen Würdigung unterzogen werden.

Es dürfte eindeutig feststehen, daß durch das Heben von Gewichten, ebenso wie durch das Transportieren, Zeitwerterhöhungen zwangsläufig auftreten müssen. Von Bedeutung für die Überprüfung der Genauigkeit der SvZ ist es jedoch, herauszuarbeiten, ob die in den Tabellen enthaltenen Gewichte realistisch sind und ob die aufgeführten Stufen aussagefähig sind.

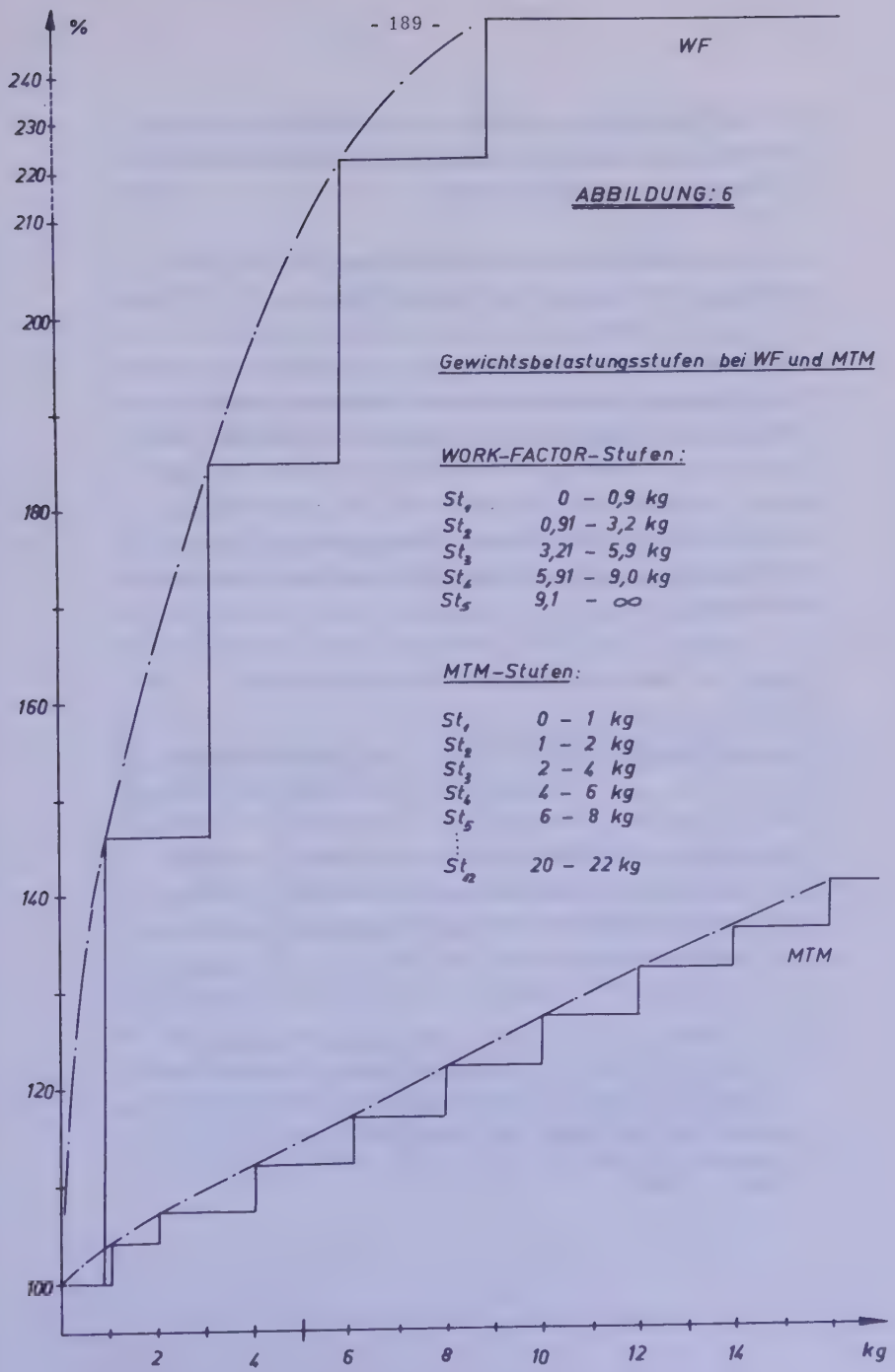


ABBILDUNG: 6

Gewichtsbelastungsstufen bei WF und MTM

WORK-FACTOR-Stufen:

St_1	0 – 0,9 kg
St_2	0,91 – 3,2 kg
St_3	3,21 – 5,9 kg
St_4	5,91 – 9,0 kg
St_5	9,1 – ∞

MTM-Stufen:

St_1	0 – 1 kg
St_2	1 – 2 kg
St_3	2 – 4 kg
St_4	4 – 6 kg
St_5	6 – 8 kg
⋮	
St_{12}	20 – 22 kg

Da die Urwerte weder von WF noch von MTM hierzu erhältlich waren, konnte nur die Relation von Eigengewicht und Kraftanspannung untersucht werden.

In ähnlicher Weise ging auch Rehhahn[1] vor, der "die Kraftanstrengung als bewegtes Gewicht" darstellt.

Aus Tabelle 34 wird ersichtlich, wie sich die Zeitwerte bei unterschiedlichen Gewichtsbelastungen verändern. Damit nicht irgendein Tabellenwert, der vielleicht gerade hohe Zeitwerte aufzeigt, das Ergebnis verfälscht, gingen wir von Minimal-, Maximal- und Mittelwerten aus. So ist es möglich, in Verbindung mit dem relativen Streuungsmaß (σ_r) die Gewichtsbelastungsstufen und die Kraftanstrengung objektiver zu beurteilen.

Tabelle 34: Kraftanspannung und Gewichtsbelastungen

	Minimal	Maximal	Mittelwert	σ_r	Gewichtssteigerung Mann	Gewichtssteigerung Frau
0	100.0 %	100.0 %	100.0 %	-	0.9=100 %	0.45=50 %
1	134.5 %	150.0 %	141.2 %	3.02 %	356 %	178 %
2	166.9 %	184.5 %	179.8 %	4.17 %	656 %	333 %
3	196.4 %	223.0 %	215.5 %	4.56 %	1000 %	500 %
4	221.0 %	254.0 %	247.2 %	4.95 %	mehr	mehr

1) Vgl. REHHAHN, H., Kritik an "Workfactor", a.a.O., S. 108: "Wir setzen das Eigengewicht des bewegten Körperteils gleich 100 und können die zusätzlich bewegte Last zu diesem Eigengewicht in Beziehung setzen. Dabei erhalten wir ein Indiz dafür, um wieviel Prozent die Kraftanspannung größer sein muß, um die zusätzliche Last zu transportieren."

Tabelle 34 wurde aus der Work-Factor Armtabelle für die unterschiedlichen Gewichtsbelastungen bei Mann und Frau erstellt.

Es scheint hier zumindest erstaunlich, daß die weibliche Arbeitskraft nur ungefähr die Hälfte des Gewichtes der männlichen Arbeitskraft zu heben braucht, um denselben Zeitwert vorgegeben zu bekommen. Der weibliche Arbeitnehmer scheint also bei WF um einiges bevorteilt zu sein, was unseres Erachtens zumindest in der dargebotenen Form empirisch nicht verifizierbar sein dürfte.

Will man zu aussagefähigen und vor allem für alle Arbeitnehmer korrekten Zeitwerten gelangen, so muß, gerade was die Gewichtsverteilungen angeht, eine korrektere Gewichtsbelastungsanalyse aufgrund empirischer Daten durchgeführt werden.

Eine genaue Halbierung der Gewichtsbelastungsintervalle bei Mann und Frau scheint zumindest dubios.

Sicher wird es ein Unterschied sein, ob ein Mann oder eine Frau im Fertigungsprozeß auftretende Gewichte hebt und es wird auch in der Regel bei weiblichen Arbeitskräften eine negativere Beeinflussung der Leistung aus Gewichtsbelastungen resultieren, jedoch glauben wir in diesem Fall nicht an die von WF angeführte Halbierung der Gewichte. Auch die von MTM vertretene Version, überhaupt keine Differenzierung zwischen Gewichtsbelastungen bei Mann und Frau zu machen, finden wir genau so problematisch wie die von WF.

Deshalb stehen solche Aussagen wie die folgende: "Nach Angaben der Entwickler wurde der Gewichtseinfluß sowohl bei Frauen als auch bei Männern in den Zeitwerten mitgewichtet"[1], unbewiesen im Raum und können auch nicht wegen fehlender Unterlagen verifiziert werden.

Tabelle 35: Gewichtsbelastungsvergleich von MTM und WF

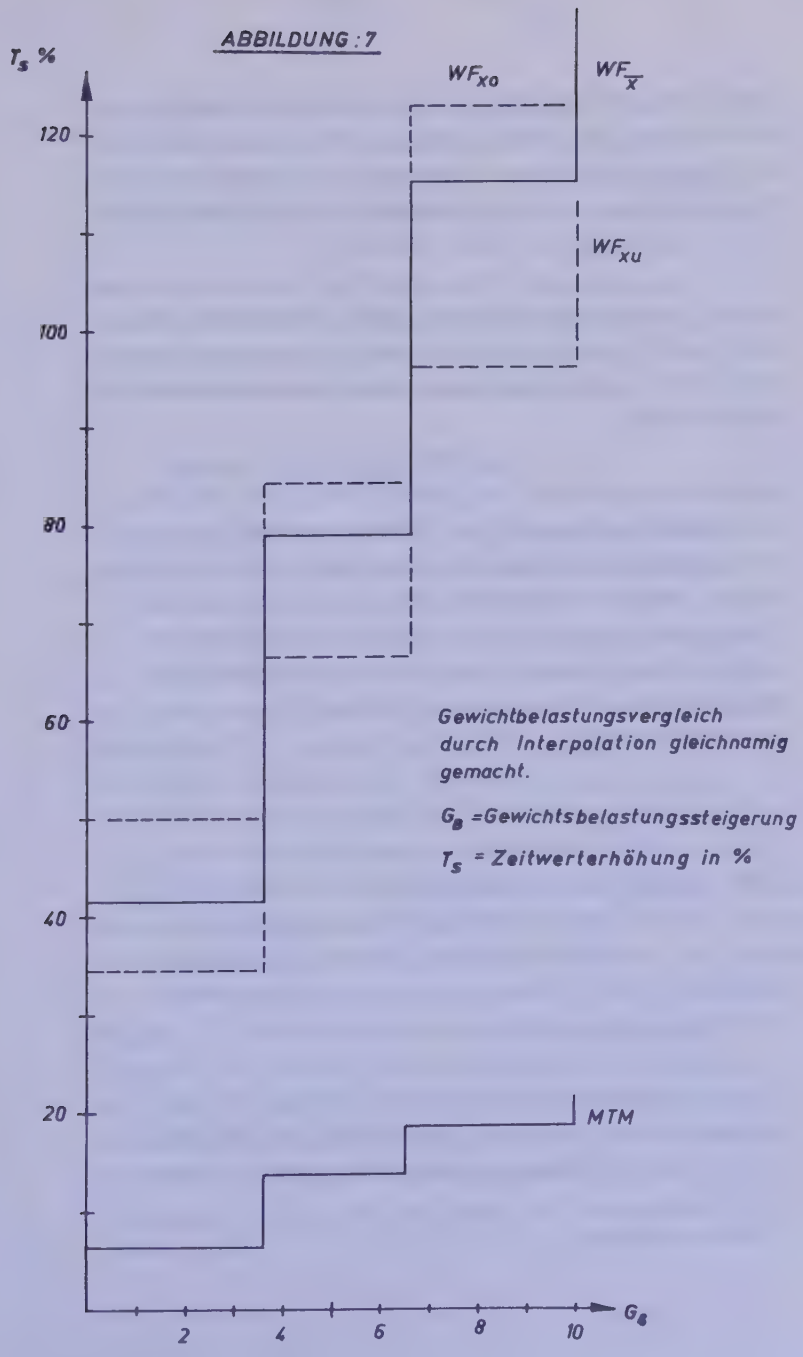
	Gewichtsbelastungs-steigerung	Zeitwerterhöhung	
		WF	MTM
Mann	1.00	Basis	Basis
Frau	0.50	Basis	Basis
Mann	3.56	+ 41.2 %	+ 6.34 %
Frau	1.78	+ 41.2 %	-
Mann	6.56	+ 79.8 %	+ 13.4 %
Frau	3.33	+ 79.8 %	-
Mann	10.00	+ 115.5 %	+ 18.4 %
Frau	5.00	+ 115.5 %	-

Aus Tabellen 34 und 35, sowie aus Abbildung 7 kann man entnehmen, daß das Heben des 3.56-fachen an Gewicht bei WF den Zeitwert im Mittel um + 41.2 % erhöht, während bei MTM das 3.56-fache an Gewicht nur eine Zeitwerterhöhung von + 6.34 % bewirkt.

Da sowohl bei MTM als auch bei WF lediglich Gewichtsintervalle angegeben sind, muß nach den Regeln der beiden Systeme bei nur geringfügigem Überschreiten einer Gewichtsstufe der nächst höhere Zeitwert angesetzt werden. Bei WF würde demnach eine Erhöhung der Gewichtsbelastung um nur 0.001 auf

1) Schreiben von W. Helms, Deutsche MTM-Vereinigung e.V., vom 2. Oktober 1969.

ABBILDUNG : 7


T_s %
120
100
80
60
40
20
WF_{xo}
$WF_{\overline{x}}$
WF_{xu}
MTM
2
4
6
8
10
G_s
Gewichtbelastungsvergleich durch Interpolation gleichnamig gemacht.
G_s =Gewichtsbelastungssteigerung
T_s = Zeitwerterhöhung in %

0.901 kg den WF-Analytiker zwingen, diese minimale zusätzliche Belastung mit einem zusätzlichen "W" zu bewerten, was einer Zeitwerterhöhung von im Mittel 41.2 % entspräche. Ähnliches gilt für das MTM-Verfahren. Aus Abbildung 7 lassen sich diese Intervalle leicht erkennen.

Was die Gewichtsintervalle selbst angeht, so scheinen diese sowohl bei WF als auch bei MTM ziemlich willkürlich angesetzt worden zu sein. Ein Zusammenhang konnte nicht festgestellt werden.

Schmidtke und Stier sind der Ansicht,[1] daß gerade die kleinen Gewichtsklassen sowohl bei MTM als auch bei WF zu wenig differenziert wurden, da in dem Intervall bis 1 kg gerade für industrielle Arbeitsprozesse die meisten Fälle auftreten würden. Aufgrund von Versuchen wurde nämlich festgestellt, daß für ermittelte Optimalwerte bei Belastungssteigerungen von 0 bis 1.5 kg die Transportzeiten um 60 bis 100 % anstiegen.

Um also gerade die häufigste Gewichtsstufe besser analysieren zu können, müßte diese intensiver geprüft werden und in eigenen Gewichtstabellen behandelt werden. Der Gewichtseinfluß kann unseres Erachtens nicht durch ein Merkmalsystem wie bei WF berücksichtigt werden, da wegen der Austauschbarkeit der Merkmale die differenzierte Gewichtsbeeinflussung stark verwässert wird.

Besser ist es in jedem Fall, gesonderte Tabellen für Gewichtseinflüsse zu erarbeiten, jedoch müßte hier die Abstufung der Gewichtsbelastungsintervalle genauestens empirisch

1) Vgl. SCHMIDTKE, H., STIER, F., Der Aufbau komplexer Bewegungsabläufe, a.a.O., S. 31.

und theoretisch mit Hilfe der mathematischen Statistik ausgeprüft werden und sowohl Minima als auch vor allem Gewichtsmaxima eindeutig festgelegt werden. Nur so kann der Auslegungsspielraum der Anwendungsregeln verkleinert werden.

Außerdem sollte der für industrielle Fertigungsprozesse relevante Gewichtsbereich branchenindividuell besonders eingehend differenziert werden, da die in den SvZ enthaltenen Gewichtsbelastungseinflüsse nicht aussagefähig sind.

3334. Analyse der Bewegungsentfernung

In der Regel haben Bewegungen, die zwischen zwei Punkten ausgeführt werden, einen leicht gebogenen Bewegungsablauf.

Bei der Analyse der beiden Verfahren WF und MTM stellt man jedoch fest, daß bei WF nur die geradlinige Verbindung von Punkt A nach B gemessen wird, während nach den Analysenvorschriften von MTM der Bogenverlauf bei der Bestimmung der Bewegungsentfernung nachvollzogen werden soll.

In jedem Fall richtiger wäre natürlich die Messung des Bogens. Es soll hier jedoch festgestellt werden, welche Fehler bei geradliniger Messung auftreten können.

Den genauen Bewegungsverlauf in einem Fertigungsprozeß nachzuvollziehen, dürfte immer schwierig sein, da die Länge des Bogens wesentlich von dessen Höhe beeinflußt wird. Auch die Bestimmung der Höhe des Bogens ist mit Schwierigkeiten verbunden, da diese Größe sowohl vom Arbeiter selbst

als auch dessen Einstellung zur Arbeit abhängt.[1]

Berechnet man einmal für verschiedene Bogenhöhen die effektiven Entfernungen und deren Abweichungen zur geradlinigen AB-Verbindung, so stellt man fest, daß die Fehler an sich relativ klein sind. Hamdy[2] errechnete für das Verhältnis von Bogenhöhe: Sehnenlänge = 5 % eine zeitliche Differenz von nur 0.84 % und beim Verhältnis 10 % einen Zeitfehler von 1.37 %.

Weder das Work-Factor-Verfahren durch geradlinige Bewegungsentfernungsmessung, noch das MTM-System durch Bogenverlaufsmessung führen mithin zu völlig korrekten Werten, da einerseits die genaue Messung des Bogenverlaufs von zu vielen subjektiven Faktoren (wie z.B. Bogenhöhe, Arbeiter und Einstellung zur Arbeit) abhängig ist und andererseits die geradlinige Entfernungsmessung prinzipiell zu Abweichungen führt.

Deshalb ist es ziemlich gleichgültig, ob man die genaue Bogenlänge mißt, oder ob man die geradlinige Verbindung in cm angibt. Der Fehler ist, wie oben gezeigt, relativ betrachtet sehr gering, so daß der Aufwand, der mit der genauen Bogenmessung verbunden ist, als übertrieben anzusehen ist und im Vergleich zu dem aus geradliniger Messung resultierenden Fehler nicht gerechtfertigt erscheint.

---

1) Vgl. HAMDY, Mostafa, HAMDY, Ahmed, Beitrag zur Kritik der Verfahren vorbestimmter Zeiten, a.a.O., S. 43.
2) Vgl. HAMDY, Mostafa, HAMDY, Ahmed, Beitrag zur Kritik der Verfahren vorbestimmter Zeiten, a.a.O., S. 44.

3335. Statische Haltearbeit

Obwohl der Arbeitsanalytiker versuchen sollte, in einem industriellen Arbeitsprozeß statische Haltearbeiten zu vermeiden, sind diese nicht in jedem Fall ganz auszuschalten.

Unter statischer Arbeit versteht man die Art menschlicher Anstrengung, während der die Muskeln ohne sich zu bewegen, angespannt verharren. In einem solchen Fall ist der Weg gleich 0 und die Arbeit, die gleich Kraft mal Weg ist, ist ebenfalls dann 0. [1)]

Statische Arbeit ist im Gegensatz zu dynamischer Arbeit trotz gleichem Energieumsatz wesentlich ermüdender. Rohmert schlägt deshalb vor, auftretende statische Haltearbeit durch Erholungszeitzuschläge zu berücksichtigen. [2)]

---

1) Vgl. KERKHOVEN, C.L.M., Das Rohmertsche Gesetz, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 182-184, hier S. 182; ROHMERT, W., Beurteilung statischer Kraftleistungen, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaften und Fachberichte aus der sozialen Betriebspraxis, 15. Jg. (1961), S. 1-6; ROHMERT, W., Geschwindigkeit und Genauigkeit von Handbewegungen, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaften und soziale Betriebspraxis, 12. Jg. (1958), S. 17-32; ROHMERT, W., Statische Belastung bei gewerblicher Arbeit, Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 793, Köln und Opladen 1959.

2) Vgl. ROHMERT, W., Beurteilung statischer Kraftleistungen, a.a.O., S. 3;
Insbesondere sollte die spezielle Untersuchung der Ermüdung und ihrer Einflüsse eingehend analysiert werden; vgl. hierzu KERKHOVEN, C.L.M., Ergonomics: Study of Fatigue of Workers in Industry, in: Journal of Industrial Engineering, 17. Jg. (1966), S. 594-597.

Unseres Erachtens ist es ein großer Mangel der SvZ, daß sie den Effekt statischer Haltearbeit nicht berücksichtigt haben. Die MTM-Vereinigung ist der Ansicht, daß die Häufigkeit des Auftretens von statischer Haltearbeit vor allem vom Grad der Arbeitsgestaltung abhängig sei und daß eine gute Arbeitsgestaltung die psychologischen Erkenntnisse, daß statische Haltearbeit zu starken Ermüdungen führe und nicht zum Arbeitsfortschritt beitrage, berücksichtigen müsse. Das Messen der statischen Arbeit sei zwar mit MTM-Zeitwerten prinzipiell nicht möglich, da es sich hier nur um manuelle Bewegungen handele; es sei jedoch auch nicht erforderlich, da die statische Haltearbeit meist durch zeitbestimmende Bewegungen eines anderen Körperteils überlappt würden.[1)]

Dieser Ansicht können wir uns nicht ganz anschließen. Sicher existieren sich überlappende Zeitwerte dynamischer und statischer Art ohne unmittelbare Zurechenbarkeit zu einer der beiden angeführten Arbeitsweisen, jedoch wird ein Großteil statischer Arbeit auch mit allergrößten Anstrengungen nicht zu eliminieren sein und deshalb auch dem Arbeitsprozeß direkt zurechenbar bleiben. Die oben angeführte Interpretation der Eliminierung statischer Haltearbeit aus dem Fertigungsprozeß bleibt insbesondere deshalb problematisch, weil die SvZ selbst "keinerlei Hinweise auf die Vermeidung einseitiger und statischer Belastungen sowie Monotonieanforderungen"[2)] geben.

---

1) Schreiben von W. Helms, a.a.O., vom 2. Oktober 1969.
2) Vgl. PORNSCHLEGEL, H., Kritische Anmerkungen zu den Verfahren vorbestimmter Zeiten, in: afa-Information, 9/10 (1961), S. 135-144, hier S. 138;
Schreiben von F. Stier, TH Darmstadt, vom 11.1.1966: "Irgendeine Form der Ermüdung infolge statischer oder dynamischer Muskelarbeit oder psychischer Beanspruchung ist in den Zeittabellen nicht enthalten."

Unseres Erachtens sollte man bei den SvZ den gerade umgekehrten Weg beschreiten. Man sollte sich nicht darauf beschränken, zu sagen, daß statische Arbeit möglichst zu umgehen sei, was wohl für jeden Analytiker klar und einleuchtend sein dürfte, sondern man sollte gerade für solche statischen Prozesse, die überhaupt nicht oder nur mit unrentablem Mitteleinsatz statische Arbeit zu umgehen vermögen, eigene Zeitwertkataloge in Form von Zuschlagstabellen ähnlich dem von Rohmert aufgezeigten Weg der Erholungszuschläge ermitteln.

Dieser Zeitwertkatalog für statische Arbeiten darf jedoch erst dann - was durch genau fixierte Anwendungsregeln festgelegt werden müßte - angewandt werden, wenn alle Möglichkeiten der Eliminierung der im Arbeitsprozeß enthaltenen statischen Elemente ausgeschöpft worden sind.

34. Zeitvergleichende Analysen mit den aus den SvZ-Grundverfahren abgeleiteten verkürzten Verfahren

Prinzipiell unterscheidet man [1] zwischen überbetrieblichen Verfahren, Sonderverfahren für bestimmte Tätigkeiten, die wiederum

1) Vgl. BRINK, H. J., FABRY, P., Die Systeme vorbestimmter Zeiten, a. a. O., insbesondere Tabelle 1; vgl. auch die Übersichten 6 und 7.

abgeleitete Verfahren sein können, betriebsinternen Verfahren und abgeleiteten verkürzten Verfahren. Es soll hier nur die vierte Kategorie betrachtet werden.

Betrachtet man die Ausbildungstendenz der einzelnen SvZ, hier vor allem des WF- und des MTM-Systems, so stellt man fest, daß die Zahl der in den verkürzten Verfahren Ausgebildeten im Laufe der Jahre sich im Verhältnis zu den Ausgebildeten im Grundverfahren wesentlich vergrößerte.[1] Es kann also tendenziell eine Intensivierung in der Ausbildung der verkürzten Verfahren festgestellt werden. Dies geht auch aus Tabelle 36 hervor. Von allen in den einzelnen WF-Verfahren ausgebildeten Personen wurden ca. 47.3 % im WF-Schnellverfahren und 29 % im WF-Kurzverfahren im Jahre 1969 ausgebildet. Für die Anzahl der Lehrgänge lagen, wie aus Tabelle 36 zu ersehen ist, für die Jahre 1966 bis 1969 keine detaillierten Zahlen vor. Es ist jedoch wegen der WF-Ausbildung anzunehmen, daß diese in den Jahren 1966-1969 auch in entsprechendem Maße gestiegen sind.

Betrachtet man den Stand der Ausbildung in anderen Ländern,[2] so stellt man fest, daß das WF-Kurzverfahren nur in Nordamerika und in Westeuropa (wobei bei den Zahlen für Westeuropa die BRD ausgeklammert wurde) ausgebildet wird.

---

1) Diese Zahlen wurden uns von der WFGD durch Schreiben vom 16.10.1969 mitgeteilt.

2) Das in Tabelle 37 wiedergegebene Zahlenmaterial wurde uns mit Schreiben vom 13. Februar 1970 von der WOFAC Company, Westboro, USA, zur Verfügung gestellt. Es handelt sich hierbei um eigene Erhebungen und um Schätzungen der WOFAC.

Tabelle 36: Entwicklung der WF-Systeme in der Ausbildung

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
WF-Ausbildung Anzahl Personen										
WFG	250	450	500	550	620	700	850	900	1.000	1.117
WFS	-	20	150	250	620	1.100	1.450	1.850	2.200	2.475
WFK	-	-	-	-	-	20	120	250	900	1.519
$\sum$	250	470	650	800	1.240	1.820	2.420	3.000	4.100	5.235
WF-Lehrgänge Anzahl										
WFG	1	9	20	25	32	41	-	-	-	-
WFS	-	1	7	14	30	48	-	-	-	-
$\sum$	1	10	27	39	62	89	-	-	-	-
Unternehmensmitglieder	-	-	-	-	13	13	18	30	62	86
Anzahl Beschäftigte der Unternehmen	-	-	-	-	425.000	425.000	435.000	480.000	580.000	610.000
Durchschnittliche Betriebsgröße	-	-	-	-	32.700	32.700	33.500	36.900	44.600	46.800

Tabelle 37: Stand der Ausbildung in anderen Ländern

Zahl der Ausgebildeten Ingenieure in den WF-Verfahren*				
Land	Anzahl der in WF ausgebildeten Personen			Summe
	Grundverfahren	Schnellverfahren	Kurzverfahren	
Nord-Amerika				
1938-1959	1.556	-	-	1.556
1960	294	12	-	306
1961	316	68	-	384
1962	326	48		374
1963	337	54		391
1964	375	108		483
1965	454	169		623
1966	522	619		1.141
1967	462	873		1.335
1968	586	1.179		1.765
1969	704	1.288	150	1.992
Summe	5.932	4.418	150	10.500
Süd-Amerika				
1960-1969	601	324	-	925
Nord- und Süd-Amerika insgesamt	6.533	4.742	150	11.425
Japan				
1958-1969	2.010	1.984	-	3.994
Ost-Europa				
1967-1969	100	200	-	300
West-Europa**				
1952-1969	595	480	160	1.235
Europa insgesamt	695	680	160	1.535
Andere Länder				
1946-1969	200	400	-	600
Summe insgesamt	9.438	7.806	310	17.554

* WOFAC records plus estimates, and including client training for replacements.

** Not including Germany

Die in der BRD zu bemerkende starke Ausbildungsintensivierung (vgl. Tabelle 36) im Kurzverfahren kann in anderen Ländern nicht festgestellt werden.

In diesen Ländern scheint vielmehr eine Ausbildungskonzentration in Richtung WF-Schnellverfahren zu bestehen, was aus Tabelle 37 zu erkennen ist (vgl. auch unten aufgeführte Übersicht über die prozentualen Verhältnisse von Grund- zu Schnellverfahren).

	Nord-Amerika	Süd-Amerika	Japan	Ost-Europa	West-Europa	Summe
WFG	56.5	65.0	50.3	33.3	48.2	53.6
WFS	42.1	35.0	49.7	66.7	38.8	44.6
WFK	1.4	-	-	-	13.0	1.8

Insbesondere für Nord-Amerika (vgl. Tabelle 37) und Japan, wo die Ausbildungszahlen für die einzelnen Jahre detailliert angegeben wurden, konnte festgestellt werden, daß ab 1966 in Nord-Amerika und ab 1967 in Japan eine sprunghafte Entwicklung in der WF-Schnellverfahrensausbildungsintensität besteht.

Eine solche Detaillierung, wie oben angeführt, wurde uns von der MTM-Vereinigung nicht zur Verfügung gestellt.

Zu dem Problemkreis der Tabelle 36 wurde uns lediglich der Ausbildungsstand bis 1969 in den verschiedenen MTM-Qualifikationen (A, B, C) mitgeteilt. Dieser gliedert sich wie folgt:

Qualifikation	Verfahren	Ausgebildete Personen
A	MTM-G	10.820
B	MTM-G	853
C	MTM-G	62
-	MTM-St	2.426

Gerade aufgrund unterschiedlicher Tauglichkeit der einzelnen Systeme vorbestimmter Zeiten für Groß-, Mittel- und Kleinserien wurde schon sehr früh der Weg zu gröberen Zeiteinheiten kompakterer Größenordnung gesucht, um so die Arbeitsvorbereitung möglichst rationell zu gestalten und die hier anfallenden Auswertungskosten für Zeiterfassungen weitgehend zu senken.

Die Verfahren vorbestimmter Zeiten und ihre abgeleiteten verkürzten Verfahren stehen in unmittelbarer Wechselbeziehung zur Seriengröße und damit zum Rationalisierungsstand der Unternehmung und dem hiermit verbundenen Analysenzeitbedarf pro Verfahren.

Eine unrationelle Anwendung bestimmter SvZ läßt die Arbeitszeitplanungskosten ansteigen, was sich sofort auf die Stückkosten auswirkt. [1)]

Dieser Rationalisierungseffekt soll durch die abgekürzten SvZ erzielt werden, da einerseits zwar von den gleichen Standard-

1) Vgl. FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Das Work-Factor-Schnellverfahren, a.a.O., S. 10-18, hier S. 10; SAWALLA, F., MTM-Standard-Daten, a.a.O., S. 287; der Analysenzeitaufwand sollte immer im Hinblick auf den zu erwartenden Nutzen betrachtet werden.

elementen ausgegangen wird, jedoch andererseits sowohl die Anzahl der Anwendungsregeln als auch der zu analysierenden Zeitwerte durch diese Verfahren erheblich reduziert werden.

341. Systemvergleich ausgewählter Verfahren

Betrachtet man stellvertretend für alle SvZ abgekürzter Form die Entwicklung in der Konzentration sowohl der Regeln für das Element "Bewegen" als auch dessen Zeitwerte beim WF-System, so ergibt sich folgendes:[1)]

	WFG	WFS	WFK
Regeln für Bewegen	31	19	10
Zeitwerte für Bewegen	430	25	8
Prozentuale Einsparung der Regeln	Basis = 100	61.4	32.2
Prozentuale Einsparung der Zeitwerte	Basis = 100	5.8	1.9

Ähnliche Ergebnisse lassen sich auch bei der Betrachtung der Zeitwerttabellen von MTM-G, MTM-V, MTM-S und MTM-2 erzielen.

Es soll nun ein kurzer Überblick über die charakteristischsten Unterschiede der Grundverfahren zu den abgekürzten Verfahren der Systeme vorbestimmter Zeiten gegeben werden.

---

1) Vgl. ARNOLD, H., Work-Factor-Information, Darmstadt 1968, S. 14;
FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Das Work-Factor-Schnellverfahren, a.a.O., S. 16.

A. Das Work-Factor-Schnellverfahren[1)]

1. Das WFS hat nur noch eine Bewegungszeittabelle, die Finger/Hand-, Arm-, Fuß-, Bein- und Rumpfbewegungen einschließt.
2. Reduzierung auf 5 Entfernungsgruppen A - E und Erhöhung der Schwierigkeitsgrade der Gruppen A und B um je eine Zeiteinheit und der Gruppen C-E um je 2 Zeiteinheiten.
3. Die Tabelle für das Greifen wurde wesentlich vereinfacht, und zwar auf 4 Griffinhalte.
4. Beim Element Vorrichten wird nicht mehr zwischen "2 oder mehr bestimmte Flächen" und "1 bestimmte Fläche" unterschieden. Die Häufigkeiten müssen hier nur bestimmten Bedingungen genügen.
5. Sowohl für I- als auch X-Löcher wurden nur noch jeweils 3 Durchmesserverhältnisgruppen gewählt, ebenso wurde der Lochdurchmesser nur noch in 3 Gruppen unterteilt.

B. Das Work-Factor-Kurzverfahren[2)]

1. Der Aufbau der WF-Kurzverfahrenstabellen läßt erkennen, daß hier noch eine weitere Straffung vorgenommen wurde. Dieser Sachverhalt geht schon aus obiger Tabelle hervor. Beim Element < Bewegen > wurde in A und B Schwierigkeitsgradgruppen unterteilt, wobei die

1) Vgl. ARNOLD, H., und andere, Work-Factor-Handbuch Schnellverfahren, Copyright 1962 by The WOFAC-CORPORATION Haddonfield, New Jersey, Darmstadt o.J.; FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Das Work-Factor-Schnellverfahren, a.a.O., S. 13.

2) Vgl. KURZ, E.F., Work-Factor Kurzverfahren - für den Selbstunterricht programmierter Lehrgang, Darmstadt 1967; WILLENBACHER, K., FRANCK, H., Das Work-Factor-Kurzverfahren, in: Refa-N., 18. Jg. (1965), S. 57-67.

Bewegungsentfernungen in 4 Entfernungsintervalle zusammengefaßt wurden.

2. Auch der Gewichtseinfluß wurde tabellarisch wesentlich vereinfacht.
3. Das Element < Greifen > führt erst ab Gewichten, die größer als 1 kg sind, zu Tabellenzeitwerten. Die Anwendungsregeln haben sich stark vereinfacht.
4. Da die für das < Loslassen > erforderliche Zeit so gering ist, daß sie mit dem WF-Kurzverfahren nicht mehr erfaßt werden kann, ist hierfür auch kein Zeitzuschlag mehr vorgesehen.

C. Das vereinfachte MTM-System[1)]

1. Im Gegensatz zum MTM-Grundverfahren wird beim vereinfachten System die Bewegungslänge in den Zeittabellen nicht mehr angegeben. Sie wird durch individuelle Berechnung sowohl beim Element < Hinlangen > als auch < Bringen > durch die Zeitwertgleichung $x = 0.4\ y$ berücksichtigt.
   y = Bewegungslänge
   x = Zeitwert
2. In den Tabellen werden nur noch Gewichte über 2.5 kg mit Zeitzuschlägen versehen.
3. Das Element < Greifen > wird auf vier Fälle reduziert.
4. Das Element < Drehen > wird nicht mehr analog zum Drehwinkel analysiert wie beim Grundverfahren, sondern es weist für alle Drehwinkel nur noch einen Zeitwert auf.

---

1) Vgl. SCHWAB, J.L., Methods-Time Measurement, a.a.O., S. 27; MAYNARD, H.B., STEGEMERTEN, G.J., SCHWAB, J.L., Methods-Time-Measurement, a.a.O., S. 215.

5. In den Tabellen sind als Grundzeiten oder Grundformeln zur Berechnung der Zeitzuschläge nur noch 38 Grundzeitwerte enthalten. Das Element < Bewegen > wurde auf 2 Grundzeitwerte, die aus $x = 0.4\ y$ berechnet werden können, reduziert. Die Unterscheidung liegt nur noch in "Normal" und "In Bewegung".

D. MTM-Standard-Daten[1)]

1. Beim MTM-Standard-Daten-System unterscheidet man grundsätzlich 4 Aufbaustufen:
   a) Basiswerte,
   b) Mehrzweckwerte,
   c) Fertigungsbereichswerte,
   d) Einzweckwerte.
2. Besonders wichtig für Standard-Daten ist die Kodierung, da der Kode so aufgebaut sein muß, daß er ein schnelles Erkennen und Auffinden des Standardwertes ermöglicht.
3. Im Aussehen weicht die Tabelle des Standard-Daten-Systems wesentlich vom MTM-Grundverfahren ab, was vor allem auf die Kodierung zurückzuführen ist.

342. Genauigkeit der abgekürzten Verfahren

Von einigen Autoren wird in der Literatur die Ansicht vertreten, daß sich die Abweichungen vom jeweiligen Grundverfahren in relativ engen Grenzen bewegen.

---

1) Vgl. SAWALLA, F., MTM-Standard-Daten, a.a.O., S. 287-295, hier S. 289.

Die individuellen Zeiten würden zwar zwischen - 14.3 % und + 13.3 % schwanken, die Summe verschiedener Bewegungszeiten bezogen auf die am gleichen Arbeitsgang erhaltenen Grundverfahrenszeiten differierten jedoch nur um 1.85 %.[1)]

Sawalla[2)] ermittelte für das MTM-Standard-Daten-System bei einer Zykluslänge von mehr als 200 TMU (Time Measurement Unit) Abweichungen in Höhe von $\pm$ 5 %, bei Zyklen von weniger als 200 TMU - 3.4 % bis + 7.9 % und im Mittel von + 2.3 % gegenüber dem Grundverfahren.

Es scheint also nach Aussagen der Autoren ohne weiteres gerechtfertigt zu sein, bei Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch schnelleres Handhaben auf einen Teil der Genauigkeit zu verzichten. Dieser These kann man sich nicht vorbehaltlos anschließen, zumal alle SvZ auch im Bereich der Lohnplanung ihre Anwendung finden sollen.

Auch die abgekürzten Work-Factor-Verfahren wurden auf ihre Zeitdifferenzen zum Grundverfahren untersucht. Hierbei wurde für das Schnellverfahren eine Abweichung zur Gesamtanalysenzeit nach dem WFG von 0 - 5 % und für das Kurzverfahren von 5 - 10 % und maximal + 12 % angegeben.[3)]

---

1) Vgl. MAYNARD, H.B., STEGEMERTEN, G.J., SCHWAB, J.L., Methods-Time-Measurement, a.a.O., S. 217 f.
2) Vgl. SAWALLA, F., MTM-Standard-Daten, a.a.O., S. 293; Die Anwendung wird von Sawalla damit befürwortet, daß zwar die Genauigkeit mit zunehmender Bausteingröße abnehme, daß jedoch im umgekehrten Verhältnis die Wirtschaftlichkeit für die Anwendung zunehme.
3) Vgl. FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Das Work-Factor-Schnellverfahren, a.a.O., S. 17;
WILLENBACHER, K., FRANCK, H., Das Work-Factor-Kurzverfahren, a.a.O., S. 62;
ARNOLD, H., Work-Factor-Information, a.a.O., S. 14.

Die Autoren sind jedoch der Ansicht, daß die abgekürzten Verfahren nur in Verbindung mit der für einen Arbeitsprozeß sinnvollen Zykluslänge kombinativ zur Anwendung kommen dürfen, da eine weitgehende Neutralisation der Fehler nur durch richtig bestimmte Zykluslänge erfolgen könnte.

Diese oben angeführten Literaturmeinungen sollen im folgenden an Hand einfacher Beispiele überprüft werden. Außerdem sollen die sich aus Fehlern in puncto Zeitabweichungen ergebenden Konsequenzen diskutiert werden.

Es muß jedoch ausdrücklich betont werden, daß nicht so sehr die absolute Abweichung von Bedeutung ist, sondern vielmehr die tendenzielle Beeinflussung der aus Abweichungen resultierenden Zeitplanungsdifferenzen auf die betriebswirtschaftlichen Entscheidungen.

Um die Kontinuität in der Vergleichbarkeit zu wahren, wurden die abgeleiteten verkürzten SvZ an Hand von Arbeitsbeispiel 2 und 3 analysiert.

In Tabelle 38 wurden das WFS, WFK und das MTM-V gegenübergestellt und jeweils die Abweichungen zueinander berechnet. In diesem Beispiel betrugen die Abweichungen zum WFG beim WFS 6.5 %, und beim WFK 16.9 %. Das MTM-V wich um 13.4 % vom MTM-G ab.

In Tabelle 39 wurden dieselben Verfahren nach Arbeitsbeispiel 3 auf ihre Abweichungen analysiert.

Tabelle 38: Vergleich von WFS-, WFK- und MTM-Verfahren nach Arbeitsbeispiel 2

Beschreibung	WF-Schnellverfahren			WF-Kurzverfahren			MTM-Vereinfachtes Verfahren		
	Analyse	Einzeln	Σ	Analyse	Einzeln	Σ	Analyse	Einzeln	Σ
1. Hinlangen	C 1	7	7	1 A	1	1	Ry 40	19	19
2. Hammer ergreifen	GrU 1 W	4	11	GrU1	1	2	G 2	6	25
3. Tp Hammer z. Nagel	B 3	7	18	B 1	2	4	My 20	11	36
4. HS 1. Anheften	10	10	28	HS	2	6	2 mMy 8	6.4	42.4
5. Tp Hammer z. Ablage	B 2	6	34	B 1	2	8	My 20	11	53.4
6. Loslassen	LU 1	2	36	LL	-	8	RL 1	2	55.4
7. Hand in Ruhe	Co	5	41	A 1	1	9	Ry 40	19	74.4
	in Minuten		0.041	in Minuten		0.045	in Minuten		0.0446
	Abweichung in %		+ 6.5	Abweichung in %		+16.9	Abweichung in %		+ 13.4

Tabelle 39: Vergleich von WFS-, WFK- und MTM-Verfahren nach Arbeitsbeispiel 3

Nr.	WFS			WFK			MTM-V		
1 HL z. Beh.	C 1	7	7	1 B	2	2	mRy	12	12
2 Gr. d. Geg.	0	1	8	0	-	2	G 1	3	15
3 Tp z.Masch.	C 2	9	17	1 B	2	4	mMy	16	31
4 LL d. Geg.	LZ	1	18	0	-	4	RL 1	2	33
5 HL z. Beh.	C 1	7	25	1 B	2	6	mRy	12	45
6 Gr. d. Geg.	0	1	26	0	-	6	G 1	3	48
7 Tp z.Masch.	C 2	9	35	1 B	2	8	mMy	16	64
8 LL	LZ	1	36	0	-	8	RL 1	2	66
9 Hand in Ruhe	C 0	5	41	1 A	1	9	mRy	12	78
Zeit in Minuten	0.041			0.045			0.0468		
Abweichung in %	zu WFG + 6.1			zu WFG + 16.5			zu MTMG + 5.0		

Hierbei ergaben sich für das WFS + 6.1 %, für das WFK + 16.5 % Abweichungen zum WFG und für das MTM-V + 5 % Abweichung zu MTM-G. In Tabelle 40 sind die Einzelergebnisse wieder zusammengefaßt.

In Tabelle 40 sind die Abweichungsergebnisse der beiden Beispiele aller hier behandelter SvZ aufgeführt. An Hand der Ergebnisse aus Tabellen 18 und 39 wurden die Auswirkungen der Analysenzeitunterschiede der hier behandelten SvZ auf die Lohnkosten untersucht (vgl. Tabelle 41).

Bei den aus Tabellen 18 und 39 entnommenen Zeitwerten handelt es sich nur um reine manuelle Tätigkeitszeiten. Sie

Tabelle 40: Abweichungsergebnisse der abgeleiteten verkürzten Verfahren nach Arbeitsbeispiel 2 und 3

Arbeitsbeispiel 2 : I					
Abweichung	WFG	WFS	WFK	MTMG	MTMV
in Minuten	0.0385 (Basis)	0.041	0.045	0.0393	0.0446
in %	100.0	+ 6.5	+ 16.9	+ 2.0	+ 16.0
Arbeitsbeispiel 3 : II					
Abweichung	WFG	WFS	WFK	MTMG	MTMV
in Minuten	0.0386 (Basis)	0.041	0.045	0.0446	0.0468
in %	100.0	+ 6.1	+ 16.5	+ 15.0	+ 21.1
I Abweichung	WFG-WFS	WFG-WFK	WFG-MTMG	WFG-MTMV	WFS-WFK
in %	+ 6.5	+ 16.9	+ 2.0	+ 16.0	+ 9.9
I Abweichung	WFS-MTMG	WFS-MTMV	WFK-MTMG	WFK-MTMV	MTMG-MTMV
in %	./. 4.1	+ 8.9	./. 12.6	./. 1.0	+ 13.4
II Abweichung	WFG-WFS	WFG-WFK	WFG-MTMG	WFG-MTMV	WFS-WFK
in %	+ 6.1	+ 16.5	+ 15.0	+ 21.1	+ 9.9
II Abweichung	WFS-MTMG	WFS-MTMV	WFK-MTMG	WFK-MTMV	MTMG-MTMV
in %	+ 8.8	+ 14.1	./. 1.0	+ 4.0	+ 5.0

Tabelle 41: Berechnung der Mehrkosten für die Maximalproduktion

	WFG	WFS	WFK	MTMG	MTMV
Maximalproduktion pro Schicht	12.430	11.700	10.650	10.760	10.250
Produktionsminderung in Stück	0	./. 730	./. 1780	./. 1670	./. 2180
Produktionsminderung in %	0	./. 6.0	./. 14.5	./. 13.5	./. 17.6
Erhöhung der Arbeitszeit in Min. um XMax = 12.430 mit den anderen SvZ zu erreichen		+ 29.93	+ 80.1	+ 74.48	+ 102.02
Stundenlohn in DM	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Minutenlohnsatz in DM	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Mehrkosten für Maximalproduktion in DM	0	2.694	7.209	6.703	9.182
Kosten für Maximalproduktion ohne Überstundenzuschlag	43.200	45.894	50.409	49.903	52.382
Prozentuale Steigerung der Lohnkosten	0	+ 6.2	+ 16.8	+ 15.5	+ 21.1

sind nicht identisch mit der Vorgabezeit und haben insofern zur Berechnung der Maximalleistung pro Schicht nur hypothetischen Charakter.

Insbesondere fehlen hier die Rüstzeiten und die Verteilzeiten. Aus Vergleichszwecken wurden diese deshalb als Null ange-

sehen und die Maximalleistung richtet sich nur nach den hier berechneten manuellen Tätigkeitszeiten des Arbeitsprozesses.

Würde diese Leistung konstant über einen 8-Stundenrythmus beibehalten, so ergeben sich die in Tabelle 41 dargestellten rein hypothetischen Werte bei den verschiedenen Systemen vorbestimmter Zeiten.

Aus den Tabellen 41 und 40 erkennt man, daß die Wahl eines der SvZ entscheidenden Einfluß auf das Ergebnis hat.

Der Fehler in der Fertigungszeitplanung durch unterschiedliche Anwendung divergierender SvZ macht sich nämlich sowohl in der Ausbringung pro Schicht als auch den Lohnkosten bemerkbar. Wären alle Systeme von der Gewerkschaft und den Arbeitnehmern als anwendbar akzeptiert, so würden sich je nach betriebsindividueller Entscheidung zu einem der hier angeführten SvZ Wettbewerbsvorteile oder auch Nachteile gegenüber Mitbewerbern ergeben, die mit einem anderen System vorbestimmter Zeiten arbeiten.

Vergleiche dieser Art werden zwar von den Vertretern der SvZ abgelehnt, da die durch die einzelnen Systeme offensichtlich gegebenen Zeitunterschiede nur durch direkte Zuordnung unterschiedlicher Zykluslängen zu den einzelnen Verfahren[1)] eliminiert werden könnten; wir sind jedoch der An-

---

1) Vgl. WILLENBACHER, K., FRANCK, H., Das Work-Factor-Kurzverfahren, a.a.O., S. 62;
FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Das Work-Factor-Schnellverfahren, a.a.O., S. 17;
ARNOLD, H., Work-Factor Information, a.a.O., S. 14.

sicht, daß gerade durch solche Vergleiche generelle Zeitergebnisdifferenzen verdeutlicht werden können.

Auch wenn sich bei unterschiedlich langen Fertigungsprozessen und verschiedenen Seriengrößen einzelne Zeitfehler kompensieren sollten, so wird eine völlige Übereinstimmung der Zeitwerte wegen der starken Konzentration und Vereinfachung in den verkürzten Verfahren nicht erreicht werden können.

So soll z.B. das WFG ab 0.0001 min/Stck., das WFS ab 0.10 min/Stck. und das WFK ab 0.5 min/Stck. zur Anwendung kommen.

In Tabelle 42 wurden die in der Literatur angegebenen Abweichungsprozentsätze mit den von uns angeführten Beispielen verglichen. Hierbei stellte sich heraus, daß die Behauptung von Maynard und anderen,[1] die individuellen Zeiten schwankten zwar zwischen - 14.3 % und + 13.3 %, jedoch würden sich bei Betrachtung der Gesamtanalyse die Abweichung nur noch um 1.85 % bewegen, nicht immer verifizierbar ist. Bei uns ergaben sich Abweichungen von 5 % und 13.4 %.

Ein weiterer wesentlicher Punkt, der beim Vergleich von verkürzten Verfahren und Grundverfahren beachtet werden muß, ist die Anwendungswirtschaftlichkeit. Diese macht sich nicht zuletzt in dem Zeitbedarf zur Planung von Fertigungszeiten bemerkbar. Auch hier kann man sich nur auf die Literatur und auf Aussagen der Personen, die mit den SvZ arbeiten, verlassen.

1) Vgl. MAYNARD, H.B., u.a., Methods-Time Measurement, a.a.O., S. 217 f.

Tabelle 42: Vergleich der Abweichungen mit denen der Literatur

		WFG	WFS	WFK	MTMG	MTMV
Genauigkeit n. Literatur	Abweichungen	Basis	+ 0-5 %	+ 5-12 %	Basis	+ 1.85 %
Genauigkeit n. Beispielen		Basis I	+ 6.1 %	+ 16.5 %	Basis I	+ 5.0 %
		II	+ 6.5 %	+ 16.9 %	II	+ 13.4 %

Wie zu erwarten war, wurde festgestellt, daß die Grundverfahren jeweils den höchsten Analysenzeitbedarf hatten, da diese Verfahren schon aufgrund ihrer Anwendungsregeln und der Fülle der zu beachtenden Internas ebenso wie Zeitwerten erheblich mehr Anforderungen an Können, Geschick und Genauigkeit des Analytikers stellen, als dies bei zu gröberen Bausteinen zusammengefaßten Verfahren der Fall sein wird und auch ist.

Die Angaben des Zeitbedarfs zur Planung einer Minute nach den SvZ weichen zumindest für das Work-Factor-Verfahren je nach Veröffentlichungsjahr voneinander ab. Außerdem spiegelt sich in diesen Zahlen auch der unterschiedliche Ausbildungsstand über die SvZ in den Arbeitsvorbereitungen wider. Genaue Werte sind deshalb auch hier nicht ohne umfassende Untersuchungen zu erreichen.

Aufgrund der von uns durchgeführten Untersuchung in ausgewählten Industriebetrieben konnte auch hierüber keine Übereinstimmung in dieser Frage festgestellt werden, da sich

in den Antworten zusätzlich zu den oben angeführten Einschränkungen auch noch unterschiedliche Verfahren der vorbestimmten Zeiten widerspiegelten.

In Tabelle 43 sind die Zeitaufwandsvorstellungen der Work-Factor-Verfahren[1] zur Planung von einer Analysenzeitminute aufgeführt. Hieraus wird ersichtlich, welcher Rationalisierungseffekt in der Analysenzeit durch die abgekürzten Verfahren erreicht werden könnte. Der Rationalisierungseffekt durch Auswertungszeiteinsparungen ist zwar als Positivum der abgekürzten Systeme vorbestimmter Zeiten zu werten, jedoch bleibt das Problem der Vergrößerung der schon in den Grundverfahren auftretenden Fehler bestehen.

Die Tatsache der Fehlerfortpflanzung zwingt zur eingeschränkten Anwendbarkeit und läßt die abgekürzten SvZ für echte Planungen als ungeeignet erscheinen.

Tabelle 43: Analysenzeitbedarf für 1 Minute Grundzeit

Autoren Verfahren	Pilz, H.E. 1961	Franck, H. 1963	Arnold, H. 1968
WFG in Min.	300 - 400	250 - 300	ca. 300
in %	75 - 100	62.5 - 75	75
WFS in Min.	150 - 250	100 - 200	ca. 100
in %	37.5 - 62.5	25 - 50	25
WFK in Min.	75 - 150	-	ca. 30
in %	18.7 - 37.5	-	7.5

1) Vgl. Pilz, H.E., Die Wirtschaftlichkeit des Work-Factor-Systems, a.a.O., S. 14;
FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Das Work-Factor-Schnellverfahren, a.a.O., S. 17;
ARNOLD, H., Work-Factor Information, a.a.O., S. 14.

35. Die Systeme vorbestimmter Zeiten und die Zeitmessungsverfahren

Der Vergleich der einzelnen SvZ mit den Zeitmessungsverfahren (z.B. Refa) ist eng verbunden mit der schon früher diskutierten Bezugsleistung der SvZ. Außerdem soll sich die Durchschnittsleistung von WF aus Akkordarbeitern und die von MTM aus Zeitlohnarbeitern ergeben haben. Diese Durchschnittsleistungen wurden jedoch aus amerikanischen Verhältnissen entwickelt und es fehlt an eindeutiger Repräsentanz dieser Leistung für deutsche Industrieverhältnisse,[1] obwohl Seidel[2] festgestellt haben will, daß die zugrunde liegenden Leistungsmaßstäbe auf deutsche Verhältnisse zwar noch recht gut übertragbar seien und auch nicht erheblich von den amerikanischen abwichen, daß jedoch diese für romanische Länder zu hoch (ca. 20 - 30 %) und für slawische Länder zu niedrig seien.

Der sogenannte in der Literatur häufig diskutierte Umrechnungsfaktor ergibt sich also einmal aus der unterschiedlichen Basisleistung und zum zweiten aus der divergierenden Analysenzeit.

$$(1) \quad U\ SvZ/Refa = \frac{\text{Bezugsleistung (SvZ)}}{\text{Bezugsleistung (Refa)}}$$

$$(2) \quad U\ SvZ/Refa = \frac{\text{Normaltätigkeitszeit (Refa)}}{\text{Tabellenzeit (SvZ)}}$$

---

1) Vgl. SCHLAICH, K., Vergleich von beobachteten und vorbestimmten Elementarzeiten, a.a.O., S. 133.
2) Vgl. SEIDEL, N., Praktische Fertigungsvorbereitung, München 1964, S. 219.

U SvZ/Refa (1) in Verbindung mit U SvZ/Refa (2) trägt wesentlich zur Verifizierung oder Falsifizierung der These bei, daß die SvZ auch zur Planung von Fertigungszeiten in Verbindung mit Vorgabezeitplanungen geeignet sind.

Würde sich nämlich kein Unterschied zwischen den SvZ und Refa herausstellen, so wäre die Konsequenz, wenn Refa als ein relativ genaues Zeitfindungsverfahren angesehen wird, daß dann auch die SvZ hierfür ohne Komplikationen ihre Anwendung finden dürften.

Von der arbeitsrechtlichen Seite dürften also keine Einwände mehr gegen die SvZ gemacht werden, besonders nicht die Entlohnung und Lohnfindung betreffend. [1)]

Da jedoch, wie in vorangegangenen Kapiteln bewiesen, die SvZ nicht zu einheitlichen Ergebnissen führen, bleibt für die industriellen Unternehmungen nichts anderes übrig, als Zugeständnisse an Umrechnungsfaktoren zu machen, wenn sie die SvZ anwenden wollen.

351. Der Umrechnungsfaktor

In Deutschland wird hauptsächlich "REFA" von den Gewerkschaften anerkannt.

Wer von den Betrieben eines der SvZ anwendet, muß sich demnach gefallen lassen, daß die mit SvZ geplanten Zeiten mittels eines Umrechnungsfaktors auf Refa-"Niveau" gebracht werden,

---

1) Vgl. HELM, R., MTM und REFA, a.a.O., S. 87.

da tendenziell gilt:

$$\text{Vorgabezeit Refa} > \text{Vorgabezeit SvZ}$$

Der Umrechnungsfaktor $U > 1$ soll zur Folge haben:

$$\text{Vorgabezeit Refa} = \text{Vorgabezeit SvZ}$$

Die Existenz des Umrechnungsfaktors ist in der Literatur sehr umstritten und das Interpretationsfeld bleibt von $\pm$ 0 bis 1.3 und höher völlig offen.

Schmidtke und Stier[1] sind der Auffassung, daß ein Umrechnungsfaktor in Höhe von 1.2 bis 1.3 zwischen den SvZ und Refa bestünde. Schlaich[2] gibt keinen exakten Umrechnungsfaktor an, sondern einen Streubereich, der sich bei einer unterstellten Eintrittswahrscheinlichkeit von 95 % in den Bereichen

$$1.55 > U_{WF,n} > 0.95 \quad \text{bzw.} \quad 1.45 > U_{MTM,n} > 0.85$$

bewegt. Bedeutsam hierbei ist, daß Schlaich die Existenz des Umrechnungsfaktors und damit auch seine Höhe in direkte Beziehung zur Ungenauigkeit der SvZ setzt, die er bei Arbeits-Zykluslängen von über 0.5 min/Stück mit $\pm$ 25 bis 30 % angibt.

Die Diskrepanz in den unterschiedlichen Meinungen wird auch durch die Untersuchung Fankhausers[3] offenkundig. Seiner

---

1) Vgl. SCHMIDTKE, H., STIER, F., Der Aufbau komplexer Bewegungsabläufe, a.a.O., S. 71.
2) Vgl. SCHLAICH, K., Vergleich von beobachteten und vorbestimmten Elementarzeiten, a.a.O., S. 138.
3) Vgl. FANKHAUSER, G., Wie gut sind die MTM-Vorgabezeiten, a.a.O., S. 96; vgl. auch FANKHAUSER, G., Über die Stichhaltigkeit gewisser Einwände zum MTM-Verfahren, in: Werkstatt und Betrieb, 96. Jg. (1963), S. 232-236, hier S. 233 ff.

Meinung nach sind MTM-Zeit und REFA-Zeit so gut wie identisch. Bei seinen Berechnungen ergaben sich bei Schwankungen von + 5.1 % bis - 5.4 % nur prozentuale Abweichungen von + 0.8 % im Mittelwert.

Einschränkend hierzu stellt jedoch Schlaich[1] fest, daß diese Berechnungen falschen statistischen Aussagen unterliegen, da man aus den vorliegenden Einzelabweichungen nur schließen könne, daß "die Abweichungen weiterer Zeitvergleiche mit einer 95 %igen Sicherheit zwischen - 6.7 % und + 8.3 % liegen".

Helm[2] will die Frage des Umrechnungsfaktors ganz getrennt von der lohnpolitischen Seite behandelt wissen. Er kommt zu der Aussage, daß zwischen MTM und Refa praktisch kein Unterschied besteht, sofern man sich der Mühe unterzieht, "eine strenge und konsequente Trennung zwischen sachlicher und lohnpolitischer Betrachtung herbeizuführen". Man sollte nach Ansicht von Helm von dem Pauschalumrechnungsfaktor abkommen und statt dessen einen für jede Ursache einzelnen Umrechnungsfaktor finden.

Als Einzelfaktoren werden von Helm folgende herausgestellt:
1. Normalleistungsunterschiede ⟶ Leistungsumrechnungsfaktor,
2. Störzeit ⟶ Zuschlagsfaktor als SvZ Verteilzeit,
3. Verdienstausgleichszuschlag als lohnpolitische Entscheidung.

Zu den von Helm angeführten Faktoren 1. und 2. wäre an sich

---

1) Vgl. SCHLAICH, K., "Wie gut sind die MTM-Vorgabezeiten", a.a.O., S. 262.
2) Vgl. HELM, R., MTM und Refa, a.a.O., S. 89 f.

von der Sache her wenig einzuwenden. Lediglich der Faktor 3. scheint uns nicht realisierbar und auch nicht wünschenswert, da er wiederum subjektive Momente zu objektivieren versucht.

Für Planzeitwerte korrekter Art sind aber alle subjektiv beeinflußbaren Momente zu eliminieren, da sie nicht Probleme lösen, sondern verschleiern oder verfälschen.

Auch unsere eigenen Untersuchungen in deutschen Unternehmungen ergaben, daß die Existenz eines Umrechnungsfaktors unumstritten ist, jedoch scheint man sich auch hier auf keine einheitliche Maßzahl festlegen zu können oder zu wollen. Es entsteht mithin der Eindruck - was auch durch verschiedene Gespräche mit Arbeitsstudienleuten unterschiedlicher Branchen und Betriebsgrößen bestätigt wurde -, daß sowohl die Existenz als auch vor allem die Höhe des Umrechnungsfaktors ein lohnpolitisches Moment betriebsinterner Art darstellt.

Er ist subjektiv betrachtet nicht zuletzt abhängig von der Aktivität der Belegschaft und des Betriebsrates und vor allem von der Stärke der die Branche repräsentierenden Gewerkschaft.

Wenn nämlich die SvZ in Unternehmungen auch für die Bestimmung von Löhnen herangezogen werden, so müssen mit den jeweiligen Gewerkschaften Haustarifverträge abgeschlossen werden.

Tabelle 44 zeigt die aus der Industrieuntersuchung ermittelten

Umrechnungsfaktoren und ihre Verteilung.[1)]

Tabelle 44: Umrechnungsfaktoren aus einer Industrieuntersuchung

Basiswerte nach Refa	Planzeitwerte nach SvZ	Prozentualer Anteil
1.00	1.00 - 1.14	23.5
1.00	1.15 - 1.19	17.6
1.00	1.20 - 1.24	17.6
1.00	1.25 - 1.29	11.8
1.00	1.30 u. größer	29.5

Wir sind der Ansicht, daß, wenn sich der Umrechnungsfaktor nur aufgrund solcher Faktoren, die sowieso nicht Bestandteil der SvZ-Bezugszeit sind, ergibt (wie z.B. Verteilzeitzuschlag), in diesem Fall die Existenz des Faktors zwingend ist.

Dies liefe auf Taggarts[2)] Ansicht hinaus:
"Hence, by definition, when an operation time has been established by means of Work-Factor Select Time, it is necessary to add an allowance for fatigue, personal time, avoidable delays, and (if applicable) incentive."

1) Vgl. BRINK, H.J., FABRY, P., Die Systeme vorbestimmter Zeiten, a.a.O.
2) Vgl. TAGGART, J.B., Comments on "An Experimental Evaluation of the Validity of Predetermined Time Systems, in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. XII (1961), S. 422-427, hier S. 423.

Wir sind jedoch nicht der Ansicht, daß die Existenz eines Umrechnungsfaktors generell zu akzeptieren ist. Wenn er bestehen sollte, so trägt er, wenn er subjektiv begründbar ist, nicht dazu bei, den wissenschaftlichen Charakter der SvZ oder des Refa zu festigen.

Gomberg[1] beurteilt die Frage des Umrechnungsfaktors wie folgt:
"All too often correction factors are rationalized after it is demonstrated that the standard set is too tight. If we could be sure of the initial choise of the correction factors, then perhaps the argument that the system has at least empirical validity might be defensible."

352. Auswirkungen unterschiedlicher Arbeitszykleneinteilung auf die Fertigungszeit

Wie in Kapitel 3311. festgestellt wurde, kann die Additivitätshypothese der SvZ als in Grenzen richtig angesehen werden. Es besteht jedoch hier die Frage, ob eine verschieden differenzierte Unterteilung der Arbeitszyklen Auswirkungen schwerwiegender Art auf die Fertigungszeit hat. Da nur Anwendungsregeln grundlegender Art zu den SvZ existieren, besteht theoretisch von seiten des Analytikers die Möglichkeit, für einen komplexen Arbeitsvorgang unterschiedliche Einteilungen von Einzelelementen und Bewegungsabläufen zu wählen.

Die Frage ist also, ob beim gleichen Arbeitsvorgang (A) trotz Einteilung in unterschiedliche Elemente (x; $x + U_1$;

---

1) Vgl. GOMBERG, W., A Trade Union Analysis, a.a.O., S. 241.

$x + U_2$) durch verschiedene Analytiker (1, 2, 3), gleiche Analysenzeiten (t_x) nach den SvZ oder unterschiedliche Zeiten (t_x; $t_x \pm a$; $t_x \pm b$) ermittelt werden (vgl. hierzu Tabelle 45).

Tabelle 45: Auswirkungen unterschiedlicher Elementeneinteilung

Analytiker	Arbeitsvorgang	Einteilung in Elemente	Analysenzeit nach SvZ	
			gleiche Zeit	unterschiedl. Zeit
1	A	x	t_x	t_x
2	A	$x + U_1$	t_x	$t_x \pm a$
3	A	$x + U_2$	t_x	$t_x \pm b$

Die Urheber der SvZ sind der Ansicht, daß ihre Systeme durch eindeutige Analysenanweisungen so klar konzipiert seien, daß sie keine Interpretationen dieser Art zulassen.

Über diesen speziellen Fragenkomplex gibt es auch sehr wenige Veröffentlichungen, so daß wir an Hand des von Lorenz[1] angeführten Beispiels die Auswirkungen diskutieren wollen. Lorenz ging bei seinen Versuchen von folgenden Prämissen aus:

1. Die Versuchspersonen waren in der Handhabung der benutzten Geräte ausreichend eingeübt.
2. Die zu messende Arbeit wurde nach zwei Methoden vorbe-

1) Vgl. LORENZ, F.R., Zur Frage der Erfassung kurzer Zeiten bei Arbeits- und Zeitstudien, a.a.O., S. 285.

stimmter Zeiten analysiert.

3. Der gleiche Arbeitsprozeß wurde von mehreren voneinander unabhängigen Sachbearbeitern verschiedener Firmen analysiert.
4. Die mit den Arbeitsanalysen beauftragten Sachbearbeiter waren ebenfalls in dieser Richtung ausreichend geübt und erfahren.
5. Die Ergebnisse wurden jeweils auf die Filmaufnahme, die mit einer schnellaufenden Kamera (250 Bilder in der Sekunde und 1/10000 min. Teilstricheinteilung der Stoppuhr) aufgenommen wurde, bezogen.

In Tabelle 46 sind die Ergebnisse von Lorenz konzentriert zusammengefaßt, wobei nach Sachbearbeitern A, B, C, D und den Verfahren MTMG, WFG, WFS, Stoppuhr und der Bezugsbasis "Film" unterschieden wurde.
Tabelle 47 dient der Interpretation der Lorenz'schen Analysen.

Wählt man das Stoppuhrverfahren als Basis = 100 %, so stellt man fest, daß bei einer 10.5-(MTM = 1050 %) malig größeren Unterteilung des Gesamtarbeitsprozesses in Teilarbeitsvorgänge die Zeitabweichung des MTMG zur Stoppuhr beim Analytiker B nur + 3.7 % ist. Beim WFG wird je nach Analytiker in das 11.8- bis 12.92-fache an Teilarbeiten unterteilt. Hier divergiert die Zeit zwischen - 25.5 % und - 12.6 % von der Stoppuhr.

Es kann weiterhin aus Tabelle 47 geschlossen werden, daß anscheinend unterschiedliche Sachbearbeiter (vgl. C, D) auch zu unterschiedlich großer Einteilung der Teilarbeitsprozesse bei gleichem Grundarbeitsprozeß kommen können.

Tabelle 46: Zeitergebnisse verschiedener Verfahren nach Lorenz[1)]

Bearbeiter	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Verfahren	Errechnete bzw. gemessene Gesamtarbeitszeit (min)				Gesamtarbeitszeit bezogen auf Filmzeit (%)				Anzahl der Teilarbeiten, in welche die Arbeit zerlegt wird				Mittlere prozentuale Abweichung d. Teilarbeitsz. v. d. entspr. Filmzeiten				Sachbearbeiter der Firma			
MTM-G		0.800				102.3				147				± 30						
WF-G			0.674				86.2				181				± 31					
WF-G				0.575				73.5				165				± 40				
WF-S				0.573				73.3				123				± 42				
WF-K				0.636				81.1				72				± 59				
Stoppuhr	0.772				98.6				14											
Film	0.783				100.0				143				-							

1) Vgl. LORENZ, F.R., Zur Frage der Erfassung kurzer Zeiten bei Arbeits- und Zeitstudien, a.a.O., S. 285.

Tabelle 47: Interpretation der Lorenz'schen Analysen

I Sachbearbeiter	A	B	C	D	D	D
II Verfahren	Stoppuhr	MTM-G	WF-G	WF-G	WF-S	WF-K
III Anzahl Teilarbeiten effektiv	14	147	181	165	123	72
IV Verteilung in %						
1. Stoppuhr = 100 %	100.0	1050.0	1292.0	1180.0	879.0	515.0
2. MTMG = 100 %	9.5	100.0	123.1	112.2	83.6	49.0
3. WFG = 100 %	7.74	81.2	100.0	91.2	68.0	55.3
4. WFG = 100 %	8.5	89.0	110.0	100.0	44.5	43.6
5. WFS = 100 %	11.4	119.4	147.0	134.0	100.0	58.5
6. WFK = 100 %	19.4	204.0	251.0	229.0	171.0	100.0
V Gesamtarbeitszeit in Minuten	0.772	0.800	0.674	0.575	0.573	0.636
VI Abweichung in %						
1. Stoppuhr = 100 %	100.0	103.7	87.4	74.5	74.1	82.5
2. MTMG = 100 %	96.5	100.0	84.3	71.9	71.5	79.5
3. WFG = 100 %	114.6	118.9	100.0	85.4	85.0	94.5
4. WFG = 100 %	134.2	139.1	117.1	100.0	99.5	110.9
5. WFS = 100 %	135.0	139.9	117.8	100.5	100.0	111.0
6. WFK = 100 %	121.1	125.8	106.0	90.4	90.0	100.0

Eine Verringerung der Anzahl der Teilarbeiten um 8.8 % führte bei den Analytikern C und D zu einer Zeitabweichung von - 14.6 % (vgl. I-C, D; II-WFG; III-181, 165; IV-3., VI-3. in Tabelle 47).

Außerdem scheint die Anzahl der Teilarbeiten, in die ein Arbeitsprozeß zerlegt wird, bei den verschiedenen Verfahren darauf hinzudeuten, wie differenziert der Arbeitsgang pro Verfahren gesehen wird.

Aus einer bis ins Kleinste gehenden Arbeitsganganalyse resultieren jedoch erhöhte Anforderungen sowohl an die Qualität als auch die fachlichen Fähigkeiten des Analytikers.

Deshalb ist notgedrungen mit einer stärkeren Differenzierung eine Erhöhung des Analysenzeitbedarfs verbunden.

Interpretiert man Tabelle 47 objektiv, so scheint die mit den SvZ zu analysierende Zeit nicht zuletzt auch durch unterschiedliche Teilarbeitsdifferenzierungen beeinflußbar zu sein. Dies kann unseres Erachtens vor allem durch einen eindeutigen Anwendungsregelmechanismus vermieden oder zum größten Teil eliminiert werden.

Je enger die Anwendungsregeln für die praktische Benutzung gefaßt sind, desto geringer sind die Interpretationsmöglichkeiten.

Wenn, wie in Prämisse 4 von Lorenz behauptet, die Analytiker gleiches Ausbildungsniveau hatten, so hätten keine Analy-

senzeitdifferenzen in den gleichen Verfahren auftreten dürfen. Die Tatsache, daß trotzdem Differenzen auftreten, führen wir auf einen nicht eindeutigen Regelmechanismus zurück.

36. Betriebswirtschaftliche Überlegungen bei der Einführung der Systeme vorbestimmter Zeiten

Die Fertigungsplanung ist im technisch ausgereiften und gut durchorganisierten Industriebetrieb ein sehr "komplexes Gebilde",[1] da sie sowohl von mehreren Abteilungen beeinflußt wird, als auch selbst mehrere Abteilungen beeinflußt.

Es besteht demnach eine wechselseitige Beziehung sowohl zwischen dem Einfluß der Elemente auf die Fertigungsplanung als auch den Auswirkungen der Instrumente der Fertigungsplanung (hier der Planung mit den SvZ) auf diese Elemente.

Eine fertigungstechnische Rationalisierung kann sich deshalb sowohl auf die "Menge" als auch auf die "Zeit" und damit auch auf den "Wert" auswirken.

Durch andere Planungsverfahren, wie z.B. die hier behandelten SvZ, können die Elemente der Fertigungsplanung[1], wie z.B. die Konstruktion durch Verbesserung von Betriebsmitteln und Betriebsmitteleinsatz, die Vorkalkulation durch Zeitplanung ebenso wie die gesamte Terminplanung, wesentlich beeinflußt werden.

---

1) Vgl. KALVERAM, W., Industriebetriebslehre, 7. Aufl., Wiesbaden 1960, S. 290.

Diese Beeinflussung wirkt sich vor allem bei Verfahrensänderungen, Losgrößenverschiebungen und arbeitstechnologisch bedingten Methodenänderungen auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung von Betriebsmitteln als auch Arbeitskräften, den Beschäftigungsgrad und Kapazitätsausnutzungsgrad ebenso wie auf Alternativüberlegungen, wie z.B. die Frage der Eigenherstellung oder des Fremdbezuges, aus.

Die direkte Einflußnahme auf die Betriebsabrechnung wird durch die Kombination von Menge, Zeit und Wert (Lohnsatz) erreicht, so daß sowohl der Einfluß auf als auch die Wirkungen aus den Stundenverrechnungssätzen eingehend analysiert werden müssen.

361. Angestrebte Anwendungsziele

Bei den SvZ kann man prinzipiell vier Anwendungszielgruppen feststellen:

1. Konstruktion,
2. Arbeitsmethode,
3. Betriebsabrechnung, Kalkulation, Zeitplanung und
4. Fertigungsprogramm- und -ablaufplanung.

Eine übergeordnete, alle vier Zielgruppen umfassende Anwendungszielvorstellung wird mit der "Richtwertbildung" angestrebt, die in allen vier Hauptzielgruppen zur Anwendung kommen soll.

Im einzelnen sind folgende Problemkreise unter den oben ge-

nannten Punkten subsummiert:[1]
Entwicklung fertigungsgerechter Konstruktion, Gestaltung der Produkte und Betriebsmittel, Auswahl zweckmäßiger Betriebsmittelausrüstung,[2] Verbesserung bestehender Arbeitsmethoden und Entwicklung zweckmäßiger Methoden vor Arbeitsbeginn, generelle Planung der theoretisch richtigen Arbeitsmethode,[3] Verbesserung der Betriebsabrechnung und

---

1) Vgl. PORNSCHLEGEL, H., Auswirkungen und Probleme der Anwendung der Verfahren vorbestimmter Zeiten auf die Arbeitnehmer, in: Verfahren vorbestimmter Zeiten, hrsg. von H. Pornschlegel, a.a.O., S. 94-105, hier S. 95; Die betrieblichen Funktionen und Aufgaben, wie z.B. Planung, Terminwesen, Vor- und Angebotskalkulation, Betriebsabrechnung, Betriebskontrolle und Zeitvorgabe, müssen zwar von jedem Betrieb erfüllt werden, jedoch müssen ihre Lösungsmethoden der Betriebsgröße angemessen sein; vgl. DAUBERT, H., Zeit- und Leistungsuntersuchungen in Kleinbetrieben, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 177-180, hier S. 177.
Insbesondere wird hier die Richtwertbildung mit Hilfe der Systeme vorbestimmter Zeiten als Schwerpunkt zukünftiger Entwicklungen angesehen; vgl. hierzu SCHLAICH, K., Unterschiede zwischen dem WF- und MTM-Verfahren, a.a.O., S. 71; FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Der Einsatz des Work-Factor-Systems bei der Bildung von Richtwerten, in: Refa-N., 15. Jg. (1962), S. 52-61; FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Die Bildung von Richtwerten für die Fertigungs- und Terminplanung und Verfahrensvergleiche mit dem Work-Factor-Schnellverfahren, in: Refa-N., 16. Jg. (1963), S. 66-71.

2) Vgl. hierzu Erfolge mit Work-Factor, in: Fortschrittliche Betriebsführung, Band 14, hrsg. vom Arbeitswissenschaftlichen Institut des Refa e.V., Berlin-Köln-Frankfurt o.J. SANDER, M., Work-Factor-Schulung von Konstrukteuren, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 133-141; SCHRAGE, J.R., Work-Factor als Hilfsmittel für die Maschinen- und Werkzeugkonstruktion, in: Refa-N., 10. Jg. (1957), S. 48-49; STIER, F., Die Anwendung des Work-Factor-Systems zur Konstruktion von Betriebsmitteln, in: Fortschrittliche Betriebsführung, Band 14, a.a.O., S. 111-126.

3) Vgl. hierzu FORNALLAZ, F., Arbeitsgestaltung und vorbestimmte Zeiten, a.a.O., S. 10-17; Kleinstzeit- und Bewe-

- Fortsetzung -

Planung genauerer Kalkulationsunterlagen, Vergrößerung der Effizienz von Kostenvoranschlägen durch Vorkalkulation und damit größere Transparenz der Angebotskalkulationen, [1] Vor-

---

(Fortsetzung der Fußnote 3) von S. 237)
gungselemente-Verfahren, Übersetzung des Berichtes der Internationalen Gewerkschaftskonferenz über Auswirkung der Systeme vorbestimmter Zeiten auf die Arbeitsbedingungen, Dortmund 1959, zusammengestellt von J. Jouffret und F. Hauser, in: Schriftenreihe der IG Metall für die BRD, 1. Nachdruck, o.O. 1964; SAMPTER, H.C., Bewegungsstudium und Arbeitsgestaltung, ins Deutsche übertragen von H. Bartels und R. Kupke, Berlin-Köln-Frankfurt 1961; SCHIEFERER, G., Arbeitsgestaltung mit MTM in der Automobilindustrie, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Anwendung, 7. Jg. (1969), S. 323-326; SCHMIDT, H., Arbeitsplatzgestaltung mit Hilfe von MTM in der Elektroindustrie, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61. Jg. (1966), S. 435-437; SCHÖTTLE, H., Arbeitsplatzgestaltung mit Hilfe von MTM, Referat, gehalten auf der 3. Mitgliederversammlung der deutschen MTM-Vereinigung am 13.12. 1963 und beim FOKOMA-Fachgruppe Betriebsführung- am 10.4.1964, in: MTM-Information, S. 1-6; SCHRICKEL, K.B., Arbeitsgestaltung mit Hilfe des MTM-Systems, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 58. Jg. (1963), S. 483-488; STIER, F., Bewegungsabläufe und Arbeitsbelastung, a.a.O.; STOLLE, H., Nutzanwendung des Work-Factor-Systems in der Arbeitsmethodengestaltung, a.a.O.; ULMER, H., Optimale Arbeitsgestaltung mit Hilfe der Beidhandanalyse und des MTM-Verfahrens, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 60. Jg. (1965), S. 545-547 und S. 667-669; FANKHAUSER, G., Eine Anwendung von MTM in der Fertigung von Präzisionsteilen kleinster Abmessungen, in: Sonderdruck aus Microtecnic, Band XVI (1962), S. 5 ff.

1) Vgl. hierzu BLOCH, W., Amerikanische Zeitstudien- und Vorkalkulationsverfahren ohne Stoppuhr, in: Industrielle Organisation, 21. Jg. (1952), S. 104; HEBEISEN, W., Das MTM-Verfahren in der Textilindustrie, in: Industrielle Organisation, 28. Jg. (1959), S. 316-318; HEIMANN, K.W., WILLENBACHER K., Einsatz des Work-Factor-Systems in einem Großbetrieb, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 205-212; JÄGER, O., Systeme der vorbestimmten Teilzeiten, Dissertation Hamburg 1962; MÜNCH, H., Eingliederung des

- Fortsetzung -

gabezeitbestimmung in Verbindung mit grundlegenden Planzeitunterlagen für die Betriebsleitung, Kontrolle der Istfertigungskosten durch Sollanalysen, effizientere Abstimmung von Bändern, Maschinenbelegungsplanung in Verbindung mit Mehrstellenarbeit, [1] Berechnung der Betriebsmittelauslastung für die Terminplanung, Errechnung des Zeitgrades und vor allem die Erstellung der Unterlagen für die Leistungsentlohnung. [2]

(Fortsetzung der Fußnote 1) von S. 238)
MTM-Verfahrens in die Betriebsorganisation, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 6. Jg. (1968), S. 83-87; MUSCAT, S.R., Die Notwendigkeit der Messung und Kalkulation von Instandhaltungsarbeiten, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 6. Jg. (1968), S. 195-198; STROMMENGER, C., MTM und Wertanalyse, a.a.O., S. 547-550; WALLNER, J.M., Das MTM-System als Rationalisierungs- und Kalkulationsgrundlage, in: Technische Rundschau, Heft 55; KOCH, H., MTM, ein Hilfsmittel zur Durchführung von Wertanalysen, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 60. Jg. (1965), S. 184-185 und S. 303-305.

1) Zu den Problemen der Mehrstellenarbeit vgl. insbesondere DELLMANN, K., Die Bestimmung optimaler Bedienungssysteme bei Mehrstellenarbeit - Probleme und Lösungsmöglichkeiten -, Dissertation Saarbrücken 1968; vgl. auch ALBERS, H., Die optimale Stellenzahl bei Mehrmaschinenbedienung in der Wirk- und Strickindustrie, Dissertation Darmstadt 1959.

2) Vgl. hierzu BLOCH, W., Akkordberechnung mit Hilfe normalisierter Elementarzeiten, in: Unternehmung, 4. Jg. (1950), S. 65-70; BRAUN, W., Zeitvorgabe ohne Stoppuhr, a.a.O.; DAUBERT, H., Grundfragen der Planung und der Arbeitsvorbereitung, in: Refa-N., 15. Jg. (1962), S. 231-237; FANKHAUSER, G., Layout-Planung und Fließbandfertigung nach dem MTM-Verfahren, in: Industrielle Organisation, 28. Jg. (1959), S. 325-334; FRANKE, W., Arbeitsplanung und Fertigungssteuerung, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 125-128; FRANKE, W., Leistungssteigerung durch Zeitvorgabe, in: Refa-N., 16. Jg. (1963), S. 8-9; HAIST, K., Anwendung von MTM bei der Planung und dem Neuanlauf eines Erzeugnisses mit wechselnden Stückzahlen,

- Fortsetzung -

Einige der hier angeschnittenen Bereiche wurden schon in vorangegangenen Kapiteln behandelt und man stößt immer wieder auf das Grundproblem der statistischen Absicherung der in den Tabellen wiedergegebenen Zeitwerte.

Eine Anwendung der SvZ wird also sehr stark von der Kenntnis der Fehlerquellen und vor allem von der Beurteilung dieser Fehler und ihren Auswirkungen auf das Arbeitsergebnis beeinflußt werden.

362. Realisierbarkeit der Anwendungsziele

In den nun folgenden Kapiteln sollen die SvZ auf ihre Anwendbarkeit und die hiermit verbundenen Probleme untersucht werden.

Gerade durch die ansteigenden Rationalisierungstendenzen besteht die zwingende Notwendigkeit der Arbeitsablaufzerlegung in immer kleinere Zeitelemente.

Das Ziel jeder arbeitstechnischen Rationalisierung ist einmal die Elimination unnötiger und auch unwirtschaftlicher Bewegungen und zum zweiten der Schwierigkeitsabbau bestehender oder zu planender Bewegungsabläufe eines Fertigungsprozesses.

Eine solche arbeitsablaufbedingte oder maschinenbedienungs-

(Fortsetzung der Fußnote 2) von S. 239)
in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61. Jg. (1966), S. 333-334; KOCH, H., FANKHAUSER, G., Die Anwendung der Bewegungsstudie und Vorgabezeitermittlung nach dem MTM-Verfahren in Gießereibetrieben, in: Sonderdruck aus Gießerei, Zeitschrift für das gesamte Gießereiwesen, 48. Jg. (1961), S. 1-7.

bedingte Rationalisierung kann sich natürlich auch durch eine Steigerung der Produktivität des Faktors Arbeit auf die Ausbringung des Unternehmens auswirken.

3621. Betriebsmittelkonstruktion und Produktplanung

Wie schon oben erwähnt, wirken sich bei der Fertigungsplanung sehr viele Einzelfaktoren auf das Gesamtergebnis aus. Gerade die Konstruktionsabteilung kann hier schon vor Beginn der Fertigung lenkend und kostensparend eingreifen. [1)]

Durch die Atomisierung des Fertigungsprozesses in kleinste Zeitelemente wird der Analytiker, so Stier, [2)] gezwungen, gerade in der Produktplanung und Betriebsmittelkonstruktion die Auswirkungen konstruktiver Maßnahmen auf die Fertigungszeit vorher zu berechnen. Gelingt es nämlich, die konstruktiven Maßnahmen insoweit vorauszuplanen, daß man eine Senkung der Fertigungszeit durch rationelle Betriebsmittelkonstruktion erreicht, so kann sich diese Maßnahme sowohl auf die kritische Ausbringung und damit die Rentabilitätsgrenze des Produktes als auch auf den Gewinn bei sonst gleichbleibenden Fertigungskostenanteilen auswirken.

Besteht die Möglichkeit, durch Konstruktionsänderungen die Arbeitsmethode und den Arbeitsablauf so zu gestalten, daß sie rationeller durchgeführt werden können, so können die Fertigungskosten gesenkt werden.

---

1) Vgl. KALVERAM, W., Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 290.
2) Vgl. STIER, F., Die Anwendung des Work-Factor-Systems zur Konstruktion von Betriebsmitteln, a.a.O., S. 112.

Aus einer Fertigungskostensenkung z.B. nur in den Fertigungslöhnen bei sonst gleichbleibenden Fertigungskostenanteilen wird der kritische Beschäftigungsgrad nach unten verschoben.

Dadurch tritt das zu fertigende Produkt schon bei wesentlich geringerer Seriengröße in eine Gewinnzone und der Gewinn kann bei sich nicht verändernden Absatzdaten und Produktionsdaten vergrößert werden. Da die Auswirkungen auf die Fertigungszeit und die mit ihr notwendigerweise verbundenen anderen Teilbereiche des betrieblichen Planungsprozesses sehr vielgestaltig sein können, kann man sich deshalb ohne weiteres der Ansicht anschließen, daß eine wirtschaftliche Fertigungsrationalisierung in der Konstruktion beginnen sollte, da nachträgliche arbeitsablaufbedingte oder maschinenbedingte Konstruktionsänderungen meist höhere Kosten verursachen.[1] Die Frage der Tauglichkeit der SvZ zur Produktplanung und Betriebsmittelkonstruktion wird jedoch auch hier wesentlich von der Ungenauigkeit der SvZ und der Unsicherheit über deren Daten beeinflußt.

Es ist zwar möglich, Arbeitsprozesse fertigungsablaufmäßig mit den SvZ zu vergleichen und tendenzielle Beurteilungen über "zeitaufwendig" oder "nicht zeitaufwendig" zu machen; es kann jedoch nicht von einer absoluten Zeitgenauigkeit ausgegangen werden, da schon erwähnte systemimmanente Zeit- und Regelungenauigkeiten den absoluten Zeitvergleich erschweren. Durch die Gesetze der Bewegungs-

1) Vgl. STIER, F., Die Anwendung des Work-Factor-Systems, a.a.O., S. 126.

ökonomie[1] und ihrer wirtschaftlichen Anwendung in der Produktplanung ebenso wie in der Betriebsmittelkonstruktion hat man natürlich mit den SvZ ein ausgezeichnetes Mittel, wesentlichen Einfluß auf die betriebliche Rationalisierung zu nehmen. Wir sind deshalb der Ansicht, daß man gerade in dieser Richtung - bei abstrahierender Betrachtung von Zeit- und Geldfaktor - tendenziell sinnvolle Aussagen über Auswirkungen betrieblicher sowie kostenrechnerisch bedingter Art machen kann.

Man sollte sich unseres Erachtens jedoch unbedingt davor hüten, ein einziges Verfahren vorbestimmter Zeiten als das allein richtige anzusehen.

Einer der Bewegungsgrundsätze besagt, daß Bewegungen, die gegenläufig, symmetrisch und gleichzeitig ablaufen, rythmisch am natürlichsten seien. Dies soll an zwei Beispielen[2] für das WFG untersucht werden. Hier wird offensichtlich, daß

---

1) Pentzlin versteht unter der Bewegungsökonomie "die systematische Untersuchung der Körper- und Gliedbewegungen, die der Arbeiter bei der Bewältigung einer Arbeitsaufgabe oder -teilaufgabe macht, mit dem Ziel, unnötige Bewegungen einzusparen, die nötigen in der besten denkbaren Verbindung und Aufeinanderfolge festzulegen und ganz allgemein Energie, Zeit und Material zu sparen sowie Ermüdungsquellen zu beseitigen"; vgl. PENTZLIN, K., Arbeitsrationalisierung, in: Grundlagen und Praxis des Arbeits- und Zeitstudiums, vierter Band, München 1954, S. 55;
Zu den Bewegungsgrundsätzen vgl. MAYNARD, H.B., STEGEMERTEN, G.J., SCHWAB, J.L., Methods-Time-Measurement, a.a.O., S. 178-184;
BARNES, R.M., Motion and Time Study, a.a.O., S. 214/215 ff.

2) Vgl. HEIMANN, K.W., WILLENBACHER, K., Einsatz des Work-Factor-Systems in einem Großbetrieb, a.a.O., S. 205-212.

die Einhaltung von Bewegungsgrundsätzen das Arbeitsergebnis entscheidend beeinflussen kann. Es soll weiterhin gezeigt werden, daß die SvZ ohne die Kombination mit dem Geldfaktor zur Betriebsmittelkonstruktion geeignet sind. Außerdem soll auf den im zweckmäßig gestalteten Arbeitsprozeß bestehenden Rationalisierungseffekt hingewiesen werden (vgl. Tabelle 48 und Tabelle 49).

Tabelle 48: Symmetrische und unsymmetrische Teilekonstruktion

Beispiel 1: Symmetrische und unsymmetrische Teilekonstruktion				
Beschreibung	Analyse unsymmetrisch	ZE	Analyse symmetrisch	ZE
GrS Zwischenflansch	A 5	20	A 5	20
Tp vor Augen	A 25 D	61	-	-
Ae + Pr Prüfen		50	-	-
Vr N Zwischenflansch	V 3 F 2.5 75 %	36	V 3 F 2.5 50 %	24
Tp zu Motor	A 25 SD	78	A 20 SD	70
Mt Zwischenflansch auf Motor	X 28 Dv 995	85	X 28 Dv 995	85
	Summe	330	Summe	199
in %		100		60.4
Zeitersparnis in %	39.6			

Tabelle 49: VR-Schalthebel: Beispiel 2

Beispiel 2: VR-Schalthebel an Nähmaschinen				
Beschreibung	Analyse Unsymmetrisch	ZE	Analyse symmetrisch	ZE
HL z. Hebel	A 30 D	65	A 30 D	65
GrU Hebel (1.5 kg)	F 5 W	25	GrK (0.6)	-
Tp Hebel betätigen	A 7.5 W	32	A 2.5	18
LU Hebel	F 5 W	25	LK	-
	Summe	147	Summe	83
in %		100		56.5
Zeitersparnis in %	43.5			

Nach der Analyse des WFG von Heimann erkennt man, daß die bei unsymmetrischen Betriebsmittelkonstruktionen notwendige visuelle Kontrolle zur Erreichung der Genauigkeit die Analyse zeitintensiver werden läßt. Die Konstruktionsabteilung kann mithin durch bewegungsökonomisch sinnvolle Gestaltung arbeitszeitsenkend auf den Fertigungsprozeß einwirken. Der Vorteil der schnellen Berechnung in Verbindung mit der Aussage über tendenzielle fertigungszeitsparende Arbeitsprozesse sollte bei der Überlegung der Einführung der SvZ zu diesem Zwecke nicht übersehen werden.

Wird die Analyse aus Tabelle 49 mit dem WFS und dem WFK durchgeführt, so ergibt sich folgende Zeiteinsparung:

WF-S : 35.6 %

WF-K : 40.0 %

Die unterschiedlichen Zeiteinsparungsprozentsätze (WFG = 43.5 %; WFS = 35.6 %; WFK = 40.0 %) zeigen jedoch wiederum die Problematik der SvZ, nämlich die Bestimmung genauer Zeitwerte.

Auch wenn man berücksichtigt, daß einmal die Einzelelementarzeiten der abgeleiteten verkürzten Systeme vorbestimmter Zeiten von denen der Grundverfahren divergieren und zum zweiten die Ansicht besteht, daß die Anwendung jedes einzelnen Systems von einer bestimmten Zyklusmindestlänge abhängig ist, um vergleichbare Resultate zu erzielen, so geben solche Differenzen doch zu Zweifeln an der Effizienz der SvZ Anlaß. Es ist deshalb erstaunlich, daß trotz dieser Tatsache die SvZ sowohl für Produktplanung als auch Betriebsmittelkonstruktion anscheinend mit gutem Erfolg in deutschen Unternehmungen angewandt werden. Dies wurde nicht zuletzt durch unsere Umfrage[1)] in 202 deutschen Unternehmungen (bei einer Rücklaufquote von 69.4 %) bestätigt. In Tabelle 50 sind die Ergebnisse dieser Untersuchung dargestellt. Zeile I gibt den Prozentsatz der Betriebe der Rücklaufquote (69.4 %) = 100 % an, die ihre Erfahrungen mit den einzelnen SvZ zur Entwicklung fertigungsgerechter Konstruktion mitteilten. Zeile II spiegelt die sogenannte Systemtreue wider und stellt heraus, wieviel der in Zeile I dann als 100 % angesetzten Einzelverfahrensanwender hiervon tatsächlich mit den speziellen SvZ in der Produkt- und Konstruktionsplanung arbeiten. Zeile III ist in Beurteilungsfelder [(-) = schlechte, (+) = gute, (++) = sehr gute Erfahrungen] der Erfahrungen bei der An-

---

1) Vgl. BRINK, H.J., FABRY, P., Die Systeme vorbestimmter Zeiten, a.a.O.

wendung der SvZ unterteilt. Hier wurden die Gruppen "Arbeiter, Betriebsrat und Gewerkschaft" unter "Arbeitnehmer" zusammengefaßt, während die "Meister, Refa-Spezialisten und Betriebsleitung" zu "Arbeitgebern" zusammengefaßt wurden. Sieht man einmal ab von der wenig aussagenden 100 %-Repräsentanz der Zeile III (WF-K; MTM-V; MTM-2), die durch zu geringe Beteiligung an dieser Beurteilung der mit diesen Systemen arbeitenden Betrieben zu Stande kommt, so kann doch festgestellt werden, daß die Möglichkeit der Beeinflussung der Konstruktion als grundsätzlich positiv beurteilt wird. Auch die "Systemtreue" ist insbesondere bei Work-Factor (WFG, WFS) zufriedenstellend. Besonders die Gruppe der Arbeitgeber, die hier mit der Arbeitsvorbereitung zu identifizieren wäre, scheint den SvZ in dem hier behandelten Bereich aufgeschlossen gegenüberzustehen.

Dies scheint die Aussage zu erhärten, daß durch die SvZ, klammert man den Wertfaktor aus, Be- und Entlastungspunkte festgestellt und in rationeller Weise bei Produktplanungen und Betriebsmittelkonstruktionen berücksichtigt werden können.

Auch das Erkennen bewegungsökonomisch relevanter wirtschaftlicher Tatbestände dürfte zwangsläufig zu Leistungsverdichtungen führen, was sich in Zeitersparnissen und Kostensenkungen tendenziell auswirken muß.

Tabelle 50: Ergebnisse der Industrieuntersuchung

I: Anwendung der SvZ zur Konstruktion

II: Systemtreue

III: Beurteilung

Beurteilung	Zeile	WF-G	WF-S	WF-K	MTM-G	MTM-V	MTM-2	MTM-St
	I	6.8 %	8.5 %	5.1 %	7.6 %	1.7 %	1.7 %	10.2 %
	II	57.1 %	58.9 %	31.6 %	35.8 %	25.0 %	28.6 %	32.4 %
Arbeitnehmer	III							
-		12.5 %	5.9 %	-	32.4 %	-	-	23.5 %
+		87.5 %	76.5 %	100.0 %	67.6 %	100.0 %	100.0 %	76.5 %
++		-	17.6 %	-	-	-	-	-
Arbeitgeber								
-		-	-	-	8.0 %	-	-	8.8 %
+		88.9 %	85.2 %	100.0 %	86.0 %	100.0 %	100.0 %	82.4 %
++		11.1 %	14.8 %	-	6.0 %	-	-	8.8 %

3622. Arbeitsmethode

Eine Arbeitsmethodenverbesserung ist dann gegeben, wenn aus gleichem oder geringerem Aufwand eine größere Ausbringung resultiert. Die Arbeitsmethode ist eng verbunden mit dem Arbeitsinhalt[1)] des Arbeitsplatzes oder auch der Kostenstelle und mit der Arbeitsplatzgestaltung im engeren Sinne. In Übersicht 14 wurden von uns die Einflüsse der Arbeitsmethode auf Arbeitsinhalt und Arbeitsplatzgestaltung und deren Auswirkungen auf einige wesentliche Punkte dargestellt, wobei diese Punkte keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Ziel der Arbeitsmethodenuntersuchung ist die Produktivitätssteigerung in Verbindung mit der Gewinnmaximierung.

Aus Arbeitsmethodenverbesserungen resultieren häufig Neugestaltungen der Arbeitsplätze. Ebenso ist auch der umgekehrte Fall denkbar. Es besteht deshalb auch eine enge Verbindung zu den Problemen der Konstruktionsabteilung.

Die Begründung für die Anwendung der SvZ zur Methodenverbesserung wird einmal aus der Bewegungsökonomie und zum anderen aus der schnellen Überschaubarkeit der Tabellenzeiten abgeleitet. Da durch weitgehende Atomisierung kleinste Zeitunwirtschaftlichkeiten aufgedeckt würden und damit ein kostengerechtes Planen erst möglich würde, würden Verbesserungen notgedrungen durch Senkung von Wartezeiten, Elimination unwirtschaftlicher Bewegungen und Verkürzung notwendiger Bewegungen aufgrund einer Analyse mit den SvZ auf-

1) Vgl. SCHÖTTLE, H., Arbeitsgestaltung mit Hilfe von MTM, a.a.O., S. 3.

treten. Sieht man einmal von der Schwierigkeit der Bestimmung des richtigen Systems ab, so könnte natürlich aus einer SvZ-Analyse die Wirtschaftlichkeit der Maschinenbedienung durch Beobachtung von Entfernungen, Be- und Entlastungspunkten und auch kombinatorischen Bewegungselementefolgen durch Ausnutzung günstigerer Arbeitsbereiche gesteigert werden.

Eine echte Bereicherung betrieblicher Planung ist jedoch nur dann gegeben, wenn die Auswirkungen von Arbeitsmethodenverbesserungen kostenmäßig einwandfrei geplant werden können.

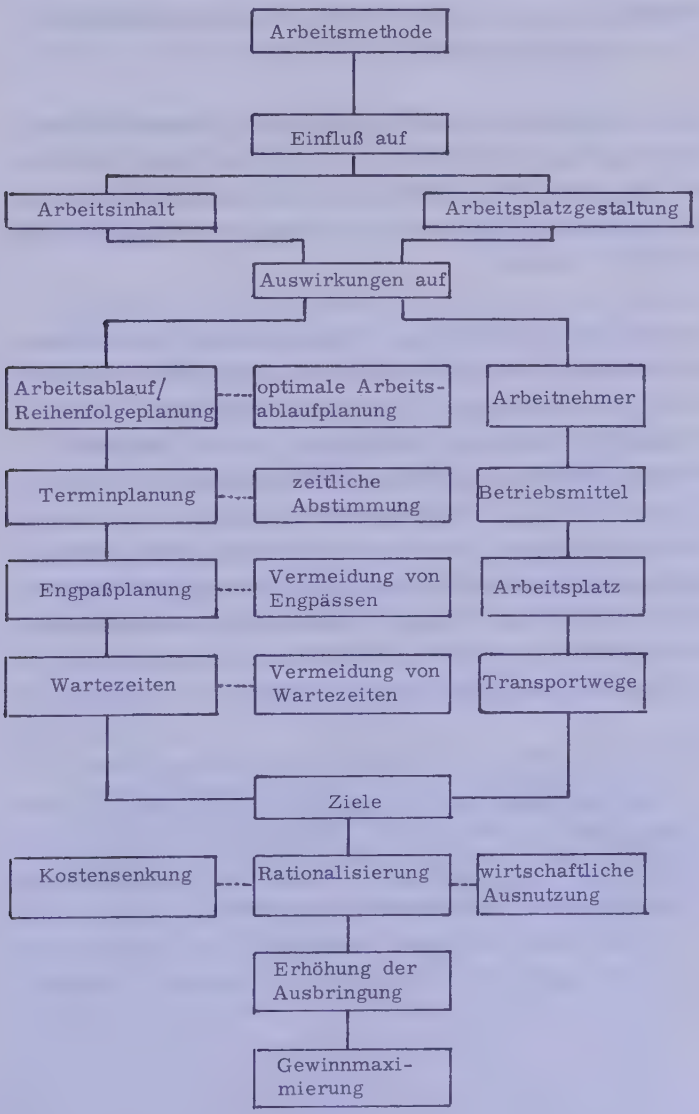
Aus unseren Berechnungen geht eindeutig hervor, daß die SvZ zu unterschiedlichen Ergebnissen führen und daß deshalb keine absoluten Zahlen über effektive DM-Auswirkungen zu erhalten sind. Man muß sich also auch hier, wegen der Unsicherheit über die Kostenauswirkungen, mit Näherungslösungen zufriedengeben.

Durch die Unterschiede sowohl in den Einzeltabellenzeiten als auch in dem Analysenergebnis treten auch am Arbeitsplatz je nach Verfahren divergierende Arbeitsinhalte auf.

Das am Arbeitsplatz zu leistende Pensum variiert von einem zum anderen System vorbestimmter Zeiten und gestaltet sich entweder als übertrieben eng, zu weit oder als gerade noch ausreichend. Hierdurch kann der Arbeiter durch Einengung von Raum und Zeit zu einem ihn stark belastenden Arbeitsrythmus und -tempo gezwungen werden. [1)]

1) Vgl. PORNSCHLEGEL, H., BIRKWALD, R., Die Verfahren vorbestimmter Zeiten - was ist zu tun?, in: Gewerkschafter IX (1965), S. 357-360, hier S. 358; vgl. auch PORNSCHLEGEL, H., BIRKWALD, R., Die Verfahren vorbestimmter Zeiten, in: Gewerkschafter VII (1965), S. 253-256.

Übersicht 14: Einfluß und Auswirkungen der Arbeitsmethode



Auch bei der Arbeitsmethodenanalyse[1] nach den Systemen vorbestimmter Zeiten ist unserer Ansicht nach die oft erwähnte Objektivität nicht voll realisiert und auch trotz der Gesetze der Bewegungsökonomie nicht realisierbar.

Zur Durchführung von Methodenverbesserung können drei Größen herangezogen werden; nämlich die "Menge", die "Zeit" oder "der Wert" einer Methodenverbesserung. Gleichzeitig kann entweder eine Stückkosten- oder Gesamtkostenbetrachtung durchgeführt werden.

Alle drei Größen werden durch die SvZ, je nachdem welches SvZ ausgewählt wird, beeinflußbar sein und sich auch noch untereinander beeinflussen. Ändert sich nämlich durch eines der gewählten Systeme die Analysenzeit, so wird sich hierdurch notgedrungen die maximale Ausbringungsmenge und natürlich auch bei gleichen Minutenlohnsätzen der Wert ändern. Außerdem scheint die Objektivität auch durch die Notwendigkeit der Auswahl eines Analytikers und der den Arbeitsprozeß ausführenden Person nicht gewährleistet, da hier sowohl Routine und Können als auch die Einarbeitung der Maschinenbedienungsperson eine wesentliche Rolle spielt.

---

1) Zur Kritik an der Arbeitsmethodenverbesserung mit den SvZ vgl. REHHAHN, H., Kritik an "Workfactor", a.a.O., S. 139; Kleinstzeit- und Bewegungselemente-Verfahren, Übersetzung des Berichtes der Internationalen Gewerkschaftskonferenz, a.a.O., S. 18; STIER, F., Bewegungsabläufe und Arbeitsbelastung bei Anwendung von Systemen vorbestimmter Zeiten, Manuskript, a.a.O.;

Man muß demnach einschränkend feststellen, daß wegen systemimmanenter ebenso wie systemvergleichender Probleme eine Arbeitsmethodenanalyse keinen eindeutigen Überblick über den effektiven zeitlichen Ablauf der Bewegungen liefern kann.

Das in Kapitel 3522. behandelte Problem der Unterteilung des gleichen Arbeitsvorganges in von Analytiker zu Analytiker divergierende Einzelelemente und der daraus resultierenden Zeitdifferenzen scheint diese Behauptung noch zu bekräftigen.

Zusammenfassend läßt sich auch hier feststellen, daß die SvZ zwar noch nicht für quantitative Zeitaussagen geeignet zu sein scheinen, daß sie jedoch, wie auch schon in Kapitel 3621. erwähnt, Rationalisierungstendenzen aufzeigen. Diese können sich natürlich in Verbesserungen der Arbeitsmethode niederschlagen, dürfen jedoch nicht absolut angesehen werden. Wie Tabelle 51 zeigt, scheinen sich die SvZ trotzdem für die Verbesserung bestehender Arbeitsmethoden in deutschen Unternehmen zunehmender Beliebtheit zu erfreuen. Der Anwendungs- und Beurteilungsprozentsatz ist gegenüber der Entwicklung fertigungsgerechter Konstruktion höher. Ebenso deutet die Systemtreue (II) und die Beurteilung der SvZ (III) auf eine in Industriebetrieben breitere Anwendung.

Vor allem von der Arbeitnehmerseite werden jedoch die hier behandelten SvZ zum Teil sehr negativ beurteilt. Dies könnte natürlich auch aus der Unsicherheit über die Repräsentanz der SvZ-Zeiten im Vergleich zu den Refa-Zeiten resultieren. Sollte sich deshalb eine Anwendung in absoluten Zahlen niederschlagen, so ist auf die oben angeführten Probleme zu verweisen.

Tabelle 51: Ergebnisse der Industrieuntersuchung
"Verbesserung bestehender Arbeitsmethoden"

Beurteilung	Zeile	WF-G	WF-S	WF-K	MTM-G	MTM-V	MTM-2	MTM-St
	I	7.6 %	12.7 %	9.3 %	31.4 %	3.4 %	3.4 %	16.9 %
	II	64.3 %	88.3 %	58.0 %	69.8 %	50.0 %	57.2 %	54.0 %
Arbeitnehmer	III							
-		7.7 %	38.1 %	56.3 %	25.0 %	-	-	21.6 %
+		69.2 %	61.9 %	43.7 %	67.2 %	100.0 %	66.7 %	78.4 %
++		23.1 %	-	-	7.8 %	-	33.3 %	-
Arbeitgeber								
-		-	8.6 %	16.0 %	4.3 %	-	-	10.0 %
+		83.3 %	91.4 %	80.0 %	83.9 %	100.0 %	66.7 %	85.0 %
++		16.7 %	-	4.0 %	11.8 %	-	33.3 %	5.0 %

Die Praktikabilität der SvZ als echtes Planungsinstrument bleibt wegen der Relativität der zu treffenden Entscheidungen auch in diesem Bereich eingeschränkt.

Ein Vorteil ist jedoch ohne Zweifel die Möglichkeit tendenzieller Beurteilungen bei Arbeitsmethodenverbesserungen und ihrer Auswirkungen.

3623. Betriebsabrechnung und Kalkulation

Die Betriebsabrechnung und Kalkulation ist eng verbunden mit der Vorgabezeitermittlung. Dadurch treten natürlich alle die Probleme, die schon in früheren Kapiteln in diesem Zusammenhang behandelt wurden, auf.

Lehnt man die Systeme vorbestimmter Zeiten zur Vorgabezeitermittlung ab, was aufgrund systemimmanenter Schwächen geschieht, so muß man sich konsequenterweise auch gegen eine Verwendung der SvZ zu Kalkulationszwecken wenden.

Es treten nämlich auch hier die gleichen Probleme der Messung und Bewertung menschlicher Leistung auf.

Als besonders problematisch ist die Quantifizierung der menschlichen Leistung anzusehen.

Solange die Schwierigkeiten der SvZ die gleichen wie bei Refa sind, können echte Plankalkulationen unter Vermeidung betriebsindividueller Umrechnungsfaktoren nicht theoretisch exakt erstellt werden. Die SvZ können deshalb lediglich als Zeitüberschlagsrechnungen in Verbindung mit Planungen herangezogen werden.

Das Wissen um die Schwächen der SvZ und die Anwendung zu Planungen in diesem Bereich ist deshalb genau so unbefriedigend wie die Lösung von Betriebsabrechnungs-, Kalkulations- und Fertigungszeitplanungsproblemen mit den Zeitmeßsystemen.

Auch wenn man davon ausgeht, daß es mit den SvZ möglich ist, vom Tisch aus noch nicht realisierte Arbeitsprozesse zu planen, so sind die SvZ jedoch immer noch mit so vielen Unsicherheiten behaftet, daß man sie bestenfalls als Näherungslösungen[1] für betriebliche Planungen bezeichnen kann.

Hat man jedoch die in den SvZ enthaltenen Fehler erkannt, so kann aufgrund einer solchen Näherungslösung ohne direkte Messung am Arbeitsplatz die Transparenz der Angebots- und Vorkalkulation, die ja ihrerseits auch nur Näherungslösungen sind, erhöht werden.

Ein schnelles Berechnen der in Auftrag gegebenen Projekte ist sicherlich von entscheidendem Vorteil, auch wenn man sich über die eingeschränkte Effizienz dieser Näherungslösung im klaren ist.

---

1) Graf ist der Ansicht, daß die SvZ arbeitswissenschaftlich wertvolle und wissenschaftlich fruchtbare Forschungsberichte darstellen, "auch wenn sie dieses zunächst anvisierte Ziel nicht erreichen"; vgl. GRAF, O., Physiologische Probleme der Anwendung vorbestimmter Zeiten, in: Spezialausgabe des Maschinenmarkt, Werkzeugmaschinen-Praxis, hrsg. von F. Eisele, Erster Band, Betriebsführung, gesammelte Vorträge des 5. FOKOMA vom 3.-5.10.1961, München o.J., S. 19-25.

Die von den SvZ angestrebte Zielsetzung der Verbesserung der Betriebsabrechnung und der Planung genauerer Kalkulationsunterlagen kann jedoch nicht akzeptiert werden, da sie in unmittelbarer Beziehung zur Lösung der Grundlagenprobleme der SvZ steht.

Dies scheint auch unsere Umfrage zu bestätigen, da für diesen Anwendungsbereich die Systeme vorbestimmter Zeiten nur vereinzelt wirklich eingesetzt werden.

Außerdem waren die Erfahrungen der mit den SvZ zu Vorgabezeitzwecken arbeitenden Betriebe überwiegend negativer als für die anderen Anwendungsbereiche (vgl. Tabelle 52).

3624. Fertigungsprogramm - und -ablaufplanung

Die Fertigungsablaufplanung wird sowohl vom Verfahrens-, Serien-, Maschinenbelegungs- als auch Terminplan beeinflußt. Soll eine Planung optimal sein, so muß diese für alle Einzelpläne simultan durchgeführt werden, wobei das Zeitgerüst Anhaltspunkte für Kapazitätsgrenzeneinhaltungen gibt.

Die Determinanten einer Fertigungsablaufstruktur sind einmal die reinen Fertigungs- oder Bearbeitungszeiten, die Rüstzeiten, die Wartezeiten, die Leerzeiten und zum anderen die Transportzeiten.

Im Rahmen mathematischer Optimierungsverfahren führt jedoch noch kein Verfahren zur simultanen Lösung der entgegengesetzt verlaufenden Probleme:

Tabelle 52: Ergebnisse der Industrieuntersuchung:
"Vorgabezeitermittlung mit SvZ"

Beurteilung	Zeile	WF-G	WF-S	WF-K	MTM-G	MTM-V	MTM-2	MTM-St
	I	2.5 %	3.4 %	2.5 %	17.8 %	3.4 %	1.7 %	11.1 %
	II	21.4 %	23.5 %	15.8 %	39.6 %	50.0 %	28.6 %	35.2 %
Arbeitnehmer	III							
-		33.3 %	54.5 %	16.7 %	55.8 %	28.6 %	100.0 %	63.3 %
+		66.7 %	45.5 %	83.3 %	39.5 %	71.4 %	-	36.7 %
++		-	-	-	4.7 %	-	-	-
Arbeitgeber								
-		-	30.0 %	22.2 %	20.7 %	25.0 %	-	17.9 %
+		100.0 %	70.0 %	55.6 %	73.6 %	75.0 %	100,0 %	82.1 %
++		-	-	22.2 %	5.7 %	-	-	-

1. Minimierung der Durchlaufzeit und
2. Maximierung der Kapazitätsauslastung,[1]

da "sämtliche vorgeschlagenen Lösungsmethoden der kombinatorischen Analyse und der linearen Optimierung entweder nur eines der beiden Ziele (berücksichtigen d. Verfasser) oder ... auf irgendwelchen das Problem vereinfachenden Prämissen"[2] fußen.

Wären jedoch die Fertigungszeiten bekannt, so Kern[3], dann würde sich ein zumindest näherungsweise optimaler Maschinenbelegungsplan, der diesem entsprechende Auftragsfolgeplan und hieraus ebenfalls der Auftragsfortschrittsplan "in einem systematischen Suchverfahren" entwickeln lassen.

Da die Planung eines Fertigungsprozesses vor allem mit einer eingehenden Terminplanung verbunden ist, so ist die Fertigungszeitplanung unabdingbare Voraussetzung jedes Lösungsweges. Vor allem bei der Planung der Kapazitätsausnutzung wird die Bedeutung und Problematik von Zeitplanungssystemen erkennbar.

Im Rahmen der Fertigungsablaufplanung sind vor allem die Untersuchungen der Arbeitsgangplanung in Verbindung mit Arbeitsverfahren und Bearbeitungsfolgen mit den SvZ von Be-

---

1) Vgl. GUTENBERG, E., Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, a.a.O., Band 1, S. 213; HOSS, K., Fertigungsablaufplanung, a.a.O., S. 19.
2) Vgl. KERN, W., Optimierungsverfahren in der Ablauforganisation, Gestaltungsmöglichkeiten mit Operations Research, Essen 1967, S. 144.
3) Vgl. KERN, W., Optimierungsverfahren in der Ablauforganisation, a.a.O., S. 146.

deutung. Außerdem muß die Tauglichkeit der SvZ zur Lösung von Fließbandabstimmungen geprüft werden. Hiermit verbunden ist natürlich die Eliminierung von Engpässen und die Gestaltung eines möglichst synchronen Arbeitsablaufs.

Je kleiner nämlich die zwischen den einzelnen Stationen liegenden Zeitdifferenzen sind, "um so ausgeglichener ist der Ablauf und um so höher auch der Wirkungsgrad".[1] Bei der Abstimmung von Bändern in der Fließfertigung entfällt das oben besprochene Ablaufplanungsdilemma weitgehend, da durch sinnvolles Anordnen und Hintereinanderschalten der Bearbeitungsgänge das Problem nur noch in der Planung der Taktzeiten liegt.[2]

Unter der Band- oder Leistungsabstimmung soll die Anpassung der Zeitdauer einzelner Arbeitsvorgänge an die Taktzeit verstanden werden. Eine Leistungsabstimmung muß von der Taktzeit der Fließarbeit und der Leistungsfähigkeit der Arbeiter und Betriebsmittel ausgehen.[3] Die Mittel der Leistungsabstimmung sind u.a. die Verbesserung des Arbeitsvorganges, die Änderung der Maschinenlaufgeschwindigkeiten, die Differenzierung von Arbeitsvorgängen in gleich große Teilvorgänge und der Einsatz von Arbeitern an verschiedenen Arbeitsplätzen.[4] Eine richtig durchgeführte Leistungsabstimmung kann

1) Vgl. FANKHAUSER, G., Layout-Planung und Fließbandfertigung nach dem MTM-Verfahren, a.a.O., S. 329.
2) Vgl. KERN, W., Optimierungsverfahren in der Ablauforganisation, a.a.O., S. 147.
3) Vgl. Das Refa-Buch, Erster Band, Arbeitsgestaltung, a.a.O., S. 66.
4) Vgl. MUTHER, R., Fließende Fertigung, in: Handbuch des Industrial Engineering, Teil VII, hrsg. von H.B. Maynard, Berlin-Köln-Frankfurt o.J., S. 139-182, hier S. 153 f.

die Leer- und Wartezeiten vermindern und zur Eliminierung von Engpässen beitragen. Da sich in der Fertigungsablaufplanung der Fließfertigung die Gesamtzeit aus der Multiplikation der Anzahl der Fließbandstationen und der maximalen Stationszeit ergibt, ist der geringere Zeitbedarf einzelner Stationen fast ohne Einfluß auf das Gesamtergebnis. Das Gesamtergebnis kann demnach nur durch eine fertigungsablaufsynchrone Stationszeitplanung verbessert werden. Es muß mithin ein Ausgleich zwischen maximaler und minimaler Stationszeitbeanspruchung angestrebt werden.

Die Planung ausgeglichener Stationszeiten wird durch die differenzierenden Teilprozeßanalysen der SvZ möglich.

Durch die Atomisierung in kleinste Bewegungselemente wird zumindest im manuell beeinflußten Arbeitsbereich die Differenzierung in annähernd gleich große Teilvorgänge und damit Fließbandstationen erreicht.

Bei Stationszeitplanungen mit der Stoppuhr sind, so Fankhauser[1], die Differenzen zwischen maximalen und minimalen Stationszeiten sehr groß und können somit mit der Stoppuhr nicht hinreichend genau geplant werden. Die Unterteilung eines Fertigungsablaufes in kleinste Teilelemente führt jedoch zu einer exakteren Teilung in gleich lange Arbeitsstufen. Die Solldauer eines Fertigungsvorganges (= Taktzeit) kann somit durch die SvZ-Analysen wesentlich verbessert werden.

---

1) Vgl. FANKHAUSER, G., Layout-Planung und Fließbandfertigung nach dem MTM-Verfahren, a.a.O., S. 329.

Es darf jedoch auch hier nicht unerwähnt bleiben, daß sich bei der Planung der Einzelstationen je nach verwendeten SvZ Zeitunterschiede ergeben können, die aus Systemdivergenzen resultieren. Es kann mithin vorkommen, daß bei den bis heute bestehenden Systemen vorbestimmter Zeiten Stationen zeitmäßig zu kurz oder zu lang geplant werden. Die Grundidee der Bewegungsanalysen ist deshalb für die optimale Gestaltung einer Leistungsabstimmung ohne Zweifel brauchbar, es bleiben jedoch auch hier die systemimmanenten Probleme und die sich aus der Anwendung unterschiedlicher Verfahren ergebenden Zeitdifferenzen.

Da die bestehenden Systeme offensichtlich zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, kann auch hier nur die These aufrechterhalten werden, daß bei gleichen Grundideen nur eines der SvZ richtig sein kann oder keines der bestehenden Systeme vorbestimmter Zeiten zu effektiv richtigen Werten führt.

Ist man sich über die Tragweite dieser These im klaren, so führt das Einführen eines der Systeme zwar absolut gesehen zu Fehlern, jedoch ist durch die gleichbleibende Anwendung immer des gleichen Systems zumindest eine Kontinuität und Vergleichbarkeit gegeben.

Der Weg, den die Bewegungsstudie beschritten hat, ist zwar einleuchtend, jedoch scheinen die bis heute bestehenden Verfahren noch sehr verbesserungsbedürftig.

Da jede Planung mit Erwartungsparametern verbunden ist, scheint die Methode der SvZ jedoch eher geeignet zu sein, dem Gedanken der Planung gerecht zu werden, als die Zeit-

studie nach dem Stoppuhrverfahren. Dies zeigt sich insbesondere beim Verfahrensvergleich.

Abstrahiert man in diesem Fall von der direkten wertmäßigen Aussage, so wird ein Verfahrensvergleich in der Fertigungsablaufplanung (unter Berücksichtigung der oben erwähnten Einschränkungen des zu messenden effektiven Zeitbedarfs) mit den SvZ möglich. Hält man immer das gleiche Verfahren bei, so werden zumindest tendenzielle Beeinflussungen erkennbar, jedoch ohne direkten Bezug auf die letztlich entstehende effektive wertmäßige Kostenhöhe.

Sind die Anwendungsregeln eindeutig und wird die Analyse nach gleichen Gesichtspunkten durchgeführt, so ist ein Soll-Ist-Vergleich mit oben erwähnten Einschränkungen möglich. Die SvZ sind dann Planungsinstrumente, die zumindest "Ja-Nein" Entscheidungshilfen ohne wertmäßigen Kostenauswirkungsbezug darstellen.

Gerade vor einem Fertigungsbeginn treten Wirtschaftlichkeitsfragen auf, die vornehmlich auch von den Fertigungszeiten mit beeinflußt werden. Ist es auch nicht möglich, aufgrund der schon erwähnten Systemschwierigkeiten den effektiven Zeitbedarf eindeutig zu bestimmen, so sind die SvZ trotzdem in der Lage, eine Klassifizierung von Verfahren, Projekten und Arbeitsabläufen zu geben, die in wirtschaftliche und unwirtschaftliche oder zumindest in wahrscheinlich zeitaufwendige und weniger zeitaufwendige unterschieden werden können.

Man sollte deshalb unseres Erachtens die SvZ nicht als Ersatz für Stoppuhrzeitmeßsysteme ansehen, sondern als Planungsverfahren im Sinne von Näherungslösungen mit der Möglichkeit, Entscheidungshilfen im Sinne von Richtwerten ohne absoluten Anspruch auf unbedingte Wertkorrektheit zu geben. Solche Richtwerte sind durch die SvZ je nach Variablilität der Daten sehr schnell auf neue Situationen umzustellen.

Nur so können die SvZ als Planungsinstrument akzeptiert werden.

Die Korrektheit der SvZ kann jedoch nur durch eine umfassende Offenlegung der Grundlagen nachgeprüft werden. Deshalb kann auch die von den Verbänden vertretene Ansicht, daß die Anwendung in der Industrie die Praktikabilität der SvZ beweise, nicht akzeptiert werden.

In den Tabellen 53, 54, 55, 56 sind die Ergebnisse unserer Umfrage in deutschen Unternehmen zu folgenden Anwendungsbereichen zusammengefaßt:

1. Vergleich von Fertigungsverfahren,
2. Abstimmung von Bändern,
3. Planung von Arbeitsprozessen,
4. Richtwertbildung.

Insbesondere der Weg der "Richtwertbildung" mit den SvZ scheint eine gute betriebswirtschaftliche Rationalisierungsmaßnahme zu sein. Eine Zusammenfassung immer größerer Einheiten zu Richtwerten dürfte deshalb ein gelungener Schritt der Vereinfachung von Grobplanungen sein.

Tabelle 53: Ergebnisse der Industrieuntersuchung:
"Vergleich von Fertigungsverfahren mit den SvZ"

Beurteilung	Zeile	WF-G	WF-S	WF-K	MTM-G	MTM-V	MTM-2	MTM-St
	I	7.6 %	11.0 %	8.5 %	22.9 %	4.2 %	1.7 %	14.4 %
	II	64.3 %	76.5 %	52.6 %	51.0 %	62.5 %	28.6 %	46.0 %
Arbeitnehmer	III							
-		6.3 %	22.7 %	50.0 %	34.4 %	11.1 %	-	28.6 %
+		93.7 %	77.3 %	50,0 %	56.2 %	88.9 %	100.0 %	71.4 %
++		-	-	-	9.4 %	-	-	-
Arbeitgeber								
-		-	5.9 %	7.4 %	9.4 %	-	-	2.2 %
+		95.8 %	88.2 %	77.8 %	81.2 %	100.0 %	100.0 %	91.3 %
++		4.2 %	5.9 %	14.8 %	9.4 %	-	-	6.5 %

Tabelle 54: Ergebnisse: Abstimmung von Bändern mit den SvZ

Beurteilung	Zeile	WF-G	WF-S	WF-K	MTM-G	MTM-V	MTM-2	MTM-St
	I	5.1 %	7.6 %	4.2 %	11.0 %	0.9 %	1.7 %	6.8 %
	II	43.0 %	53.0 %	26.3 %	24.5 %	12.5 %	28.6 %	21.6 %
Arbeitnehmer	III							
-		9.1 %	25.0 %	28.6 %	35.3 %	-	-	20.0 %
+		90.9 %	75.0 %	71.4 %	64.7 %	100.0 %	100.0 %	80.0 %
++		-	-	-	-	-	-	-
Arbeitgeber								
-		-	-	-	12.9 %	-	-	-
+		94.1 %	90.9 %	81.8 %	87.1 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %
++		5.9 %	9.1 %	18.2 %	-	-	-	-

Tabelle 55: Ergebnisse: Planung von Arbeitsprozessen mit den SvZ

Beurteilung	Zeile	WF-G	WF-S	WF-K	MTM-G	MTM-V	MTM-2	MTM-St
	I	5.9 %	7.6 %	4.2 %	16.1 %	2.5 %	1.7 %	11.0 %
	II	50.0 %	53.0 %	26.3 %	35.8 %	27.6 %	28.6 %	35.1 %
Arbeitnehmer	III							
-		-	54.5 %	-	50.0 %	-	-	21.1 %
+		100.0 %	45.5 %	100.0 %	40.0 %	100.0 %	100.0 %	78.9 %
++		-	-	-	10.0 %	-	-	-
Arbeitgeber								
-		8.3 %	19.0 %	-	7.8 %	-	-	-
+		91.7 %	81.0 %	100.0 %	78.4 %	100.0 %	100.0 %	91.9 %
++		-	-	-	13.8 %	-	-	8.1 %

Tabelle 56: Ergebnisse: Richtwertbildung mit den SvZ

Beurteilung	Zeile	WF-G	WF-S	WF-K	MTM-G	MTM-V	MTM-2	MTM-St
	I	7.6 %	5.1 %	2.5 %	15.3 %	2.5 %	0.9 %	11.9 %
	II	64.3 %	35.3 %	15.8 %	34.0 %	37.6 %	14.3 %	37.8 %
Arbeitnehmer	III							
-		25.0 %	40.0 %	-	28.0 %	40.0 %	-	26.3 %
+		75.0 %	60.0 %	-	72.0 %	60.0 %	100.0 %	73.7 %
++		-	-	-	-	-	-	-
Arbeitgeber								
-		-	8.3 %	-	12.2 %	25.0 %	-	5.6 %
+		89.5 %	91.7 %	83.3 %	80.5 %	75.0 %	100.0 %	86.1 %
++		10.5 %	-	16.7 %	7.3 %	-	-	8.3 %

Dies zwingt uns jedoch dazu, die Systeme vorbestimmter Zeiten wegen der dann immanenten Ungenauigkeiten nur noch zu Vergleichszwecken und Zeitüberschlagsrechnungen als Kontrollregulativ zu benutzen.[1)]

Was die Klassifizierung in Kennzahlengruppen anbetrifft, so ist es möglich, diese auf DVA zu speichern und entsprechend ihrem Gebrauch abzurufen.

Die nach der manuellen Analysenreihenfolge arbeitenden Programme haben jedoch die Nachteile,[2)] daß

1. das Ablochen der Bewegungssymbole in Lochkarten gegenüber dem manuellen Eintragen der Zeitwerte kaum Zeit- und Geldeinsparungen bringt.
2. Den vom Programm bestimmten Zeitwerten können keine Bewegungsentfernungen vorgegeben werden, da diese variable Faktoren jeder Prozeßanalyse sind.
3. Anfangs- und Endpunkte einer Bewegungssequenz können nicht eindeutig klassifiziert werden. Dadurch divergieren Programmplanzeiten von den echten Prozeßplanzeiten.
4. Die Einflußfaktoren der Arbeitsplatzanordnung und der Bewegungsreihenfolge können von den Programmen nicht erfaßt werden.

Das Programm muß jedoch so gestaltet sein, daß die manuelle Analysenreihenfolge automatisch durchgeführt wird.

---

1) Vgl. WILLENBACHER, K., FRANCK, H., Das Work-Factor-Kurzverfahren, a.a.O., S. 65.
2) Vgl. TOWNE, D., Work-Factor in der Datenverarbeitung, in: Work-Factor-Nachrichten, hrsg. von der Work-Factor-Gemeinschaft für Deutschland e.V., Folge 2/3 (1968), o.O., S. 24-32, hier S. 25.

Hiernach werden für jede Bewegung vier Funktionen ausgeführt:[1)]

1. Bewegungssynthese,
2. Bewegungsanalyse,
3. Ausgabe,
4. Neuester Stand des Arbeitsplatzes.

---

1) Vgl. TOWNE, D., Work-Factor in der Datenverarbeitung, a.a.O., S. 28;
Zu den Methoden der Datengewinnung vgl. ADAMS, C.W., KELLEY, D.X., Elektronische Hilfsmittel für die Fertigungssteuerung, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil X, Berlin-Köln-Frankfurt o.J. (Deutsche Übersetzung des Industrial-Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 143-168; REDDING, J.H., Elektronische Hilfsmittel für das Zeitstudium, in: Handbuch des Industrial Engineering, Teil X, a.a.O., S. 169-199; EARGLE, W.E., Die Rolle der Rechenanlage bei der Ermittlung von Vorgabezeiten, in: Handbuch des Industrial Engineering, Teil X, a.a.O., S. 200-221; Anderson ist der Ansicht, daß "the time estimating function is generally linear and the coefficient elements are normally found through time studies, predetermined time standards, or multiple linear regression". vgl. ANDERSON, D.W., Linear Programming Time Estimating Equations, in: Journal of Industrial Engineering, 16. Jg. (1965), S. 136-138, hier S. 136;
So einfach, wie von Anderson angenommen, scheint jedoch unseres Erachtens die Zeitbestimmung nicht zu sein. Das von Anderson angeführte Modell kann deshalb zunächst nur theoretischen Charakter haben, da die genaue Bestimmung der von einem Arbeitsteilprozeß benötigten Zeit sowohl mit Zeitstudien als auch mit den Systemen vorbestimmter Zeiten sehr problematisch ist.
Auch das Modell von Chisman dient deshalb nur zur Demonstration, wie die lineare Programmierung zur Bestimmung der minimalen Zeit jedes Arbeitselementes eingesetzt werden kann; vgl. CHISMAN, J.A., Using Linear Programming to Determine Time Standards, in: Journal of Industrial Engineering, 17. Jg. (1966), S. 189-191, hier S. 190; das Problem dürfte vor allem in der Bestimmung und der Vielzahl der sich möglicherweise von Arbeitsprozeß zu Arbeitsprozeß ändernden Restriktionen liegen. Dadurch wird das System zumindest schwerfällig.

Durch die Bewegungssynthese wird vom Programm durch die Arbeitsplatzanordnung, die Prozeßsequenz und sonstige schon detaillierte Merkmale die hierfür erforderliche Grundbewegungsart bestimmt. In der Bewegungsanalyse werden die erforderlichen spezifischen Bewegungsanalysenmerkmale, wie z.B. zurückgelegter Weg, Einflußfaktoren, Gewichte usw., erkannt und diesen in Kombination mit der Beschreibung Zeitwerte zugewiesen. Der Ausdruck der Bewegungsbeschreibung mit dem dazugehörenden Analysenzeitwert wird in Punkt 3 durchgeführt.

In Punkt 4 werden die den Arbeitsplatz hiernach beeinflussenden Faktoren ermittelt und verarbeitet. Die oben erwähnte Möglichkeit der Lösung von Zeitplanungen mit Hilfe von Computer-Rechenprogrammen dürfte zweifelsohne ein Schritt zur noch größeren Rationalisierung sein.

Unseres Erachtens scheint die Konzipierung solcher Programme wegen der Vielfalt der zu berücksichtigenden Regeln der SvZ und vor allem durch die Bestimmung von Einflußfaktoren sowohl subjektiver als auch objektiver Art, die für jedes SvZ integraler Bestandteil sind, äußerst kompliziert zu sein.

Da ein Großteil der in einer Analyse benötigten Daten von vorneherein im Programm gespeichert sind, ist natürlich die schnelle Handhabung für die zukünftige Entwicklung von großer Bedeutung. Besonders bei standardisierungsfähigen Fertigungsprozessen , die jedoch starken Schwankungen durch häufigen Produktwechsel (z.B. modische Sortimente im Saisonablauf) unterliegen, wird der Rationalisierungseffekt durch solche Programme vergrößert werden.

363. Das Verteilzeitproblem

Einen wesentlichen Faktor der Fertigungszeit stellt die Verteilzeit dar. Sie kann als stochastische Größe angesehen werden, deren Erwartungswert mit den Systemen vorbestimmter Zeiten nicht geplant werden kann.

Die manuelle Tätigkeitszeit der SvZ stellt, wie anfangs schon festgestellt, auch bei Abstraktion von den reinen Maschinenzeiten und unbeeinflußbaren sonstigen Zeitelementen nicht die Fertigungszeit schlechthin dar.

In der Definition der Tätigkeitszeit nach den Systemen vorbestimmter Zeiten wurde die Verteilzeit gänzlich eliminiert,[1] so daß eine direkte Vergleichbarkeit zur refamäßig ermittelten Ausführungszeit nicht gewährleistet ist.

Die Zeitstudienmeßverfahren berücksichtigen die Verteilzeit durch global-prozentuale Zuschläge zur Grundzeit. Diese sind betriebsindividuell und ergeben sich aus Erfahrungswerten. Sie schwanken beträchtlich und es besteht keine Einheitlichkeit in ihrer Höhe. Da die Verteilzeit in Rüst- und Grundverteilzeit und hierbei nochmals in sachliche und persönliche unterteilt ist, ist die Quantifizierbarkeit sehr problematisch.

Will man die aus SvZ gewonnenen Zeiten als Planzeiten anwenden, so wird durch die Eliminierung der Verteilzeiten wie bei den SvZ der Wert und die Genauigkeit der effektiven Fertigungszeiten stark eingeschränkt.

---

1) Vgl. hierzu die Definition der Tätigkeitszeit nach den SvZ in Kapitel 32.

Schlägt man jedoch den vorgeschlagenen Weg der Kombination von SvZ und Zeitmessung ein, so werden Ist- und Planwerte zu einem Ist-Planwert zusammengefügt, dessen Tauglichkeit für Planungen auch zweifelhaft ist.

Verteilzeiten fallen unregelmäßig an, streuen deshalb erheblich und werden zum Beispiel von folgenden Faktoren beeinflußt:

$$V = f\,(V_{s1},\ V_{s2},\ \ldots,\ V_{sn})\ ;\ (V_{p1},\ V_{p2},\ \ldots,\ V_{pn})$$

V = Verteilzeit

V_s = sachlicher Verteilzeitfaktor

V_p = persönlicher Verteilzeitfaktor

Sie ist eine irgendwie geartete Funktion von sachlich und persönlich bedingten Verteilzeitfaktoren (z.B. Maschinenwartung, Schleifen von Schnittwerkzeugen, Beseitigung von Fehlern oder Gang zum Lohnbüro und Weg für persönliche Bedürfnisse des Arbeiters).

Für Planungszwecke hinreichende Genauigkeit kann mit der Ist-Zeitmessung nicht erreicht werden, da zuviele Faktoren subjektiver Art auf die Zeit beeinflussend einwirken.

Ein neuer Weg, diese Schwierigkeiten weitgehenst zu eliminieren, wurde in der Multimomentaufnahme[1] gesehen.

---

1) Zur Multimomentaufnahme vgl. Kapitel 2123; vgl. insbesondere HALLER-WEDEL, E., Das Multimomentverfahren in Theorie und Praxis, a.a.O.

Das Ziel der Multimomentaufnahme sollten verbindliche Aussagen über die prozentuale Häufigkeit von unregelmäßig auftretenden Vorgängen oder Größen beliebiger Art für jede gewünschte Genauigkeit bei einer statistischen Sicherheit von 95 % sein.

Die durch eine Multimomentzeitstudie zu erreichende geringe kostenmäßige Belastung im Gegensatz zur Stoppuhrzeitaufnahme (vgl. Tabelle 57) spricht natürlich noch zusätzlich für die Wirtschaftlichkeit der Methode. [1)]

Tabelle 57: Kosten-Zeitvergleich zwischen Multimomentaufnahme und Stoppuhrzeitstudie (Beispiel)

Verfahren	Zeit	Kosten pro Zeit	$\sum$ Kosten	Zeit	Kosten pro Zeit	$\sum$ Kosten	$\sum$ Zeit	$\sum$ Kosten	Zeitvergleich in % von Refa
	Aufnahme			Auswertung					
	Std.	DM/ Std.	DM	Std.	DM/ Std.	DM	Std.	DM	%
MM S=95 %	7.50	4.50	31.50	2.0	2.80	5.60	9.50	39.40	2.8
MM S=99 %	12.75	4.50	57.38	3.5	2.80	9.80	16.25	67.20	4.8
Stoppuhr	288.00	4.50	1296.00	48.0	2.80	134.40	336.00	1430.40	100.0

1) Die Werte wurden uns aus einer Untersuchung von einer deutschen Unternehmung zur Verfügung gestellt. Die erforderliche Anzahl an Aufnahmen mit dem MM-Verfahren wurde bei einer statistischen Sicherheit von 95 % mit N = 1.152 und bei 99 % mit N = 1.990 angegeben. Der Rundgang dauerte 35 Minuten.

Die Nachteile einer Multimomentaufnahme für Verteilzeitplanungen sind folgende:

1. Die MM-Studie geht zwar von wahrscheinlichkeitstheoretischen Grundlagen aus, jedoch handelt es sich nicht um echte Plandaten, da auch die MM-Aufnahmen auf Ist-Beobachtungen basieren und deshalb einen schon bestehenden Arbeitsprozeß voraussetzen.
2. Bei jeder MM-Aufnahme müssen vorab statistische Voraussetzungen und Aussagen über Normalverteilungen beachtet werden.
3. Die MM-Aufnahme ist eine zeitpunktbezogene Analyse, die im Beobachtungszeitpunkt eine ganz bestimmte Tätigkeit (z.B. Verteilzeit) fixiert, ohne sie zu überprüfen.
4. Die Gesamtzahl der Notierungen (N) ist zwar statistisch kontrollierbar; die Einzelnotierungen sind jedoch nicht mehr rekonstruierbar.
5. Die Anforderung an die Höhe der statistischen Aussagesicherheit ist zugleich eine Zeit- und damit Kostenfrage (z.B. wie in Tabelle 57 bei S = 95 % und S = 99 % zu ersehen ist). Die Wahl der Höhe der statistischen Sicherheit ist betriebsindividuell bestimmt.

Aus den angeführten Punkten ist zu ersehen, daß auch das Multimomentverfahren für die Planung von Verteilzeiten nicht geeignet ist, da es nur dazu bestimmt ist, den Ist-Zustand mit einer vorausberechenbaren Zuverlässigkeit zu analysieren.

Da die Grundlagen der Multimomentzeitstudie in jedem Fall aufgrund wahrscheinlichkeitstheoretischer Basis stichhaltiger sind als die sporadische Messung mit der Stoppuhr und außer-

dem, wie Tabelle 57 zeigt, die Aufnahme- und Auswertungskosten wesentlich geringer sind, ist die MM-Zeitstudie der Stoppuhrzeitstudie vorzuziehen. Eine befriedigende Lösung des Planungsproblems stellt sie jedoch nicht dar.

Nach den heute bestehenden und auch in der Industrie angewandten Verfahren ist das Verteilzeitplanungsproblem nicht zu lösen. Die sich aus Berechnungen mit der Stoppuhr oder den SvZ ergebenden Fertigungszeiten sind demnach schon allein deshalb immer ungenau, zumal der Verteilzeitzuschlag immer eine betriebsindividuell bestimmte Größe ist und auch bleiben wird.

37. Kritik und Erweiterungen

Die zukünftige Anwendbarkeit der Grundidee der Systeme vorbestimmter Zeiten wird wesentlich davon abhängen, wie und von welchem System die systemimmanenten Unklarheiten und nicht in jeder Beziehung beweisbaren Schlußfolgerungen beseitigt werden können.

Die SvZ sollten deshalb zunächst der Öffentlichkeit in ihrem Grundlagenmaterial zugänglich gemacht werden, damit sie nachprüfbar sind und keine Glaubensbekenntnisse bleiben.

Die Grundlagen der SvZ müßten sowohl statistisch-quantitativen als auch systembezogenen qualitativen und quantitativen Anforderungskriterien genügen.

Unsere Behauptung bleibt bestehen, daß nur eines der bestehenden Systeme insgesamt gesehen richtig sein kann.
Die Überprüfung der Grundlagen zur Konzipierung des

allein richtigen Systems erfordert deshalb ein konsequentes Abrücken der einzelnen Systemvertreter von den zum Teil stark erhärteten Positionen. Es sollte versucht werden, ein einziges SvZ zu konzipieren, das die Fehler der bestehenden Systeme eliminiert hat und auf statistischer Basis aufgebaut ist. Die Basis des neuen Systems muß die Definition einer einzigen umfassenden einheitlichen Bezugsleistung sein.

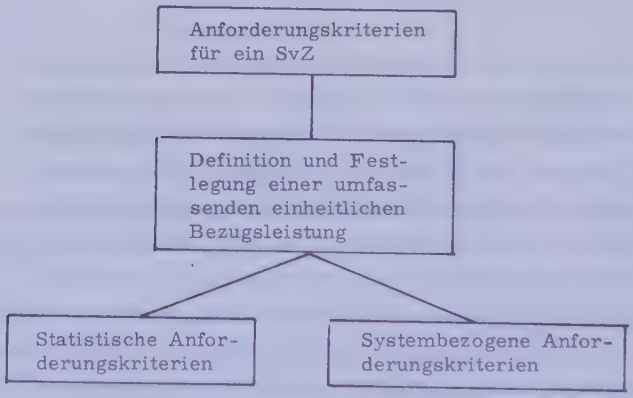
Nicht so sehr die in Grenzen praktikable Näherungslösung momentaner Prägung sollte deshalb Ziel der grundlegenden Systemforschung sein, sondern vielmehr die auf theoretisch fundierten Erkenntnissen beruhende Analyse sowohl von Einzel- als auch komplexen Arbeitsvorgängen.

Die Untersuchung erfordert Spezialanalysen sowohl von allen Bewegungselementen, Bewegungszeiten, Bewegungsentfernungen und Bewegungseinflußgrößen als auch ihrer kombinatorischen Auswirkungen. Die Grundidee der Bewegungsanalyse dürfte zweifelsohne richtig sein, jedoch sind die auf ihr aufbauenden Verfahren unseres Erachtens noch mit zu vielen Ungenauigkeiten und Unklarheiten behaftet. Die angestrebte universelle Zeitplanung kann somit nicht zweifelsfrei durchgeführt werden.

Vor allem die statistischen Grundlagen müssen eingehend untersucht werden, damit Aussagen quantitativ belegt sind und das Fehlen von Veröffentlichungen über die Grundlagen nicht mit der außergewöhnlichen Praktikabilität der Systeme entschuldigt werden kann: "This story of the development of the Work-Factor System will, I hope, explain to you the reason why some of the statistical measures you have requested are not readily obtainable. Basically, because the Work-Factor

System was developed for time-study/work from within industry, much more attention was paid to using the results than to the organization and presentation of the research data that led to these results." ... "All of the engineers working in the several groups were more concerned with further refinement of the System to make it easier to apply, than with the application of additional mathematics to data already validated through longuse."[1)]

Folgendes Anforderungsschema sollte unseres Erachtens Arbeitsgrundlage für zukünftige Neuentwicklungen werden:



Die Grundlagenuntersuchungen statistischer Art müssen sich vor allem auf alle Bewegungselemente, Bewegungsentfernungen, Bewegungseinflußgrößen und die hieraus resultierende Bewegungszeiten erstrecken. Hierfür müssen Verteilungsformen,

1) Schreiben vom 25. September 1969 von Ted Ulman, Senior Research Analyst, WOFAC-Westboro.

Lokalisationsparameter, Streuungsmaße, Vertrauensintervalle und Korrelations- und Regressionsanalysen gefunden und berechnet werden. Die sich aufgrund statistischer oder empirisch ermittelter Tatbestände ergebenden Aussagen und Hypothesen müssen mit Hilfe der Testmethoden der mathematischen Statistik geprüft werden.

Für die Genauigkeit der Untersuchungen ist es unerläßlich, vorab den Stichprobenumfang bei angestrebter Aussagefähigkeit genau zu planen. Hierbei müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden:
Der für die Aussage notwendige Stichprobenumfang sollte nicht nur auf Grundbewegungen und praktischen Einzelanalysen beruhen, sondern sich zumindest auf folgende Gebiete weiter erstrecken:

1. Grundbewegungen,
2. abgeleitete Bewegungen,
3. kombinierte Bewegungen,
4. Einzelanalysen,
5. komplexe Arbeitsvorgänge,
6. verschiedene Arbeitsplätze,
7. unterschiedliche Arbeitsinhalte,
8. unterschiedliche Arbeitsmethoden,
9. unterschiedliche Griffbereiche,
10. unterschiedliche Entfernungen,
11. unterschiedliche Arbeitskräfte,
12. unterschiedliche Analytiker usw.

Die systembezogenen Anforderungskriterien sollten sich vor allem auf folgende Punkte beziehen:

1. Eine differenzierte Spezialuntersuchung aller das SvZ beein-

flussenden Größen:
Hiermit verbunden wäre das Erstellen eines Einflußgrößenkatalogs, wobei die Auswirkungen der Einflußgrößen auf die Zeitkomponente untersucht werden müßten;

2. Eine generelle Untersuchung aller jeden einzelnen Arbeitsprozeß beeinflussenden Bewegungselemente;
3. Das Festlegen eines eindeutigen Anwendungsregelmechanismus zur Vermeidung von Unklarheiten und Interpretationen;
4. Eine Spezifikation des Systems nach Branchen wegen der Unterschiedlichkeit der zu analysierenden Tätigkeiten;
5. Die Einbeziehung aller die Fertigungszeit beeinflussenden Zeitelemente, damit das System universell für Planungen geeignet ist und die Soll-Ist-Mischung durch Verwendung von Plan- und Istzeitmessungen entfällt;
6. Die Einbeziehung der Lernkurvenanalysen in den Modellansatz. Hierdurch würde vermieden, daß das System nur dann angewandt werden kann, wenn der zu analysierende Arbeiter voll eingearbeitet ist.

Der erste Schritt zur Aufstellung eines brauchbaren und auch praktikablen SvZ sollte jedoch die eingehende Analyse der Arbeitsprozesse sein, um deren Zweck, Reihenfolge und Methode kennen zu lernen. Schon hier können Kostenreduzierungen durch Bewegungsrationalisierung erzielt werden.

Will man die aus dem SvZ resultierenden Werte zusätzlich als Richtwerte verwendbar machen, so führt erst die Kenntnis über die einzelnen Arbeitsprozesse, die Arbeitsmethode, den Materialfluß, die Art und Häufigkeit von Reparaturen, die verwendeten Maschinen, Werkzeuge und Betriebsmittel und ihrer Kapazitäten (Taktzeiten pro Zeiteinheit und ihrem Nut-

zungsgrad) und der technischen und personellen Eignung von am Arbeitsplatz eingesetzten Produktionsfaktoren zu aussagefähigen Richtwerten.

Man muß jedoch bei allen Überlegungen immer wieder berücksichtigen, daß zwar die mathematische Statistik ein Hilfsmittel der Messung bestimmter Tatbestände sein kann, in dem hier behandelten Problemkreis aus subjektiven und objektiven, quantitativ erfaßbaren und qualitativ beeinflussenden und beeinflußbaren Elementen, Lösungen nur über gewisse Abstraktionen und Vereinfachungen erzielt werden können. Gerade die Mischung aus subjektiven und objektiven Gegebenheiten zwingt uns dazu.

Soll die Planung zukunftsorientiert sein und Prognosen für die Zeitkomponente erstellt werden, so sollte die Subjekt-Objekt-Beziehung weitgehend quantifizierbar gemacht werden oder zumindest so konzipiert sein, daß der mögliche Fehler und seine Ober- und Untergrenzen erkannt werden können.

Bei der Prüfung der Subjekt-Objekt-Beziehung muß jedoch eingesehen werden, daß eine absolute 100 %ige Genauigkeit nie erzielt werden kann.

Die Näherungslösung der momentan bestehenden SvZ kann deshalb nur durch intensivere Untersuchungen sowohl theoretischer als auch praktischer Art verbessert werden. Die Ausreißer müssen eliminiert werden. Außerdem sollte das neue SvZ flexibler werden und sich an veränderte Situationen schnell anpassen können.

Verändern sich nämlich in der Produktion entweder die Kapazität, der Arbeitsumfang, die Arbeitsmethode, der Bewegungsablauf, das Material, die Werkzeuge, die Maschinen, das Layout, die Konstruktion eines Teiles oder die Arbeitsfolge, so müssen die Planwerte korrigiert werden. Ist das System vorbestimmter Zeiten durch eingehende Untersuchungen verbessert, so stimmen wir mit Schlaich[1] überein, daß für die praktische Anwendung dann vor allem die Definition der Genauigkeit und die detaillierten Anwendungsregeln sowie Analysenvorschriften wesentlich sind.

Die Anwendbarkeit der bis heute bestehenden Systeme ist noch an zuviele Prämissen gebunden. Vor allem werden die o h n e statistische Absicherung dargebotenen Tabellenzeiten bis zur Offenlegung und Überprüfung der Daten der bestehenden oder der Konzipierung eines einzigen universell anwendbaren neuen Systems vorerst die Kritik an den SvZ nicht verstummen lassen, da nachträgliche Versuche zu den SvZ oft unterschiedliche Ergebnisse hervorbringen.

Dies geht unter anderem aus der Veröffentlichung von Stier[2] über die Ermittlung physiologisch optimaler Bewegungszeiten, ebenso wie aus Untersuchungen über den Einfluß der Bewegungsrichtung, der Horizontal- und Vertikalbewegungen,[3] hervor.

---

1) Vgl. SCHLAICH, K., Vergleich von beobachteten und vorbestimmten Elementarbewegungen, a.a.O., S. 200.
2) Vgl. SCHMIDTKE, H., STIER, F., Der Aufbau komplexer Bewegungsabläufe, a.a.O., S. 15 ff und S. 29.
3) Zum Problem von Bewegungszeit- und Richtung vgl. NADLER, G., Critical Analysis of Predetermined Motion Time Systems, wiedergegeben in: Time and Motion Study,

- Fortsetzung -

Auch die Beeinflussung der Bewegungszeitgenauigkeit durch Bewegungsgeschwindigkeit und Zielgröße sollte einer detaillierten Analyse unterzogen werden, da, wie z.B. von Work-Factor erkannt, genaue Zielbewegungen eine längere Bewegungszeit erfordern. Dies resultiert natürlich aus der sich möglicherweise verkleinernden Differenz von Loch- und Stiftdurchmesser[1] und der damit verbundenen anwachsenden Kompliziertheit.

Solange noch keine geistigen Prozesse zu Arbeitsanalysen hinzukommen, die berechenbar gemacht werden sollen, kann das SvZ noch relativ überschaubar gehalten werden. Treten diese geistigen Prozesse jedoch in kombinatorischem Zusammenwirken mit manuellen Tätigkeiten auf, so wird das System - ganz abgesehen von der Schwerfälligkeit - immer ungenauer. Besonders die Koordination von visueller Kontrolle und manueller Tätigkeit müßte unseres Erachtens deshalb intensiver untersucht werden. Dies kann natürlich auch schon durch

---

(Fortsetzung der Fußnote 3) von S. 282)
London, Februar 1953, entnommen aus HAMDY, Mostafa, HAMDY, Ahmed, Beitrag zur Kritik der Verfahren vorbestimmter Zeiten, a.a.O., S. 45;
SCHMIDTKE, H., Untersuchungen über die Abhängigkeit der Bewegungsgenauigkeit im Raum von der Körperstellung, Köln und Opladen 1961;
Taggart ist jedoch der Ansicht, daß "in view of the other variables which must be considered in establishing production standards, motion direction was of relatively minor importance"; vgl. TAGGART, J.B., Comments on "An experimental Evaluation of the Validity of Predetermined Time Systems, a.a.O., S. 423.

1) Vgl. SCHMIDTKE, H., STIER, F., Der Aufbau komplexer Bewegungsabläufe, a.a.O., S. 33, S. 38; SCHMIDTKE, H., Untersuchungen über die Abhängigkeit der Bewegungsgenauigkeit, a.a.O., S. 29, S. 30, S. 31 f; SCHMIDTKE, H., Kritische Bemerkungen zu Systemen vorbestimmter Zeiten, a.a.O., S. 131.

einen Anwendungsregelmechanismus zur Koordination von Augen und Bewegungselementen annähernd erreicht werden.[1)]

Ein solcher Regelmechanismus könnte die Planung stark ermüdender Bewegungsabläufe durch Eliminierung vor- oder nachgelagerter Visuellkontrolle verhindern.

---

1) Vgl. STIER, F., Bewegungsabläufe und Arbeitsbelastung bei Anwendung von Systemen vorbestimmter Zeiten, a.a.O.

Anhang

I. Tabellen

Tabelle 1 : Bekanntheitsgrad der SvZ

Tabelle 2 : "B"-Werte für Work-Factor-Armbewegungszeit-tabelle

Tabelle 3 : WOFAC - "B"-Werte

Tabelle 4 : Mittelwerte, Standardabweichung und relatives Streuungsmaß der "B"-Werte aus Gleichung (1), Kapitel 331211.

Tabelle 5 : Mittelwerte, Standardabweichung und relatives Streuungsmaß der "B"-Werte für die Armbewegungszeittabelle aus Gleichung (2), Kapitel 331211.

Tabelle 6 : Berechnung der t-Werte bei "B" = 1.00 nach T_2

Tabelle 7 : Berechnung der Tabellenwerte nach WOFAC T_A-T_j

Tabelle 8 : Vergleich von T_0T_2 und T_0T_3

Tabelle 9 : Abweichungen der SvZ zu WF = 100 % (Armtabelle)

Tabelle 10 : Mittlere prozentuale Abweichung der SvZ von WF in den Tabellenzeiten

Tabelle 11 : Konfidenzgrenzen bei W = 0.95

Tabelle 12 : Untersuchung der Abweichungen des Leveling Systems nach Fankhauser

Tabelle 13 : Vergleich von Multiplikation und Addition beim Leveling Verfahren unter Einbeziehung aller Untergruppenfaktoren

Tabelle 14 : Ergebnisse der Abweichungsuntersuchung

Tabelle 15 : Gegenüberstellung von WF-MTM-BMT-DMT: Arbeitsbeispiel 1

Tabelle 16 : Auswirkungen verschiedener SvZ auf Lohnkosten und Ausbringung

Tabelle 17 : Arbeitsbeispiel 2

Tabelle 18 : Arbeitsbeispiel 3: Berechnung der Ausführungs-zeiten eines Arbeitsvorganges

Tabelle 19 : Genauigkeitsbereich der Orginalformeln

Tabelle 20 : Zusammengefaßte interpolierte Tabellenwerte der SvZ

Tabelle 21 : Prozentuale Zeitanteile der Bewegungselemente

Tabelle 22 : Prozentualer Anteil der Einzelbewegung an der Summe der untersuchten Bewegungen

Tabelle 23 : Prozentuale Verteilung der Zeitanteile verschiedener Merkmalsstufen

Tabelle 24 : Relative kumulierte Tabellen der SvZ

Tabelle 25 : Absolute kumulierte Tabellen der SvZ

Tabelle 26 : Relative stufenweise Tabellen der SvZ

Tabelle 27 : Absolute stufenweise Tabellen der SvZ

Tabelle 28 : Standardabweichung bei relativer kumulierter Betrachtungsweise

Tabelle 29 : Standardabweichung bei absoluter kumulierter Betrachtungsweise

Tabelle 30 : Standardabweichung bei relativer stufenweiser Betrachtungsweise

Tabelle 31 : Standardabweichung bei absoluter stufenweiser Betrachtungsweise

Tabelle 32 : Mittlere relative Zuschlagsfaktoren und Konfidenzgrenzen bei W = 0,95

Tabelle 33 : Gewichtsstufenvergleich zwischen MTM und WF

Tabelle 34 : Kraftanspannung und Gewichtsbelastungen

Tabelle 35 : Gewichtsbelastungsvergleich von MTM und WF

Tabelle 36 : Entwicklung der WF-Systeme in der Ausbildung

Tabelle 37 : Stand der Ausbildung in anderen Ländern

Tabelle 38 : Vergleich der verkürzten SvZ nach Arbeitsbeispiel 2

Tabelle 39 : Vergleich von WFS-WFK und MTMV nach Arbeitsbeispiel 3

Tabelle 40 : Abweichungsergebnisse der abgeleiteten verkürzten Verfahren nach Arbeitsbeispiel 2 und 3

Tabelle 41 : Berechnung der Mehrkosten für die Maximalproduktion

Tabelle 42 : Vergleich der Abweichungen mit denen der Literatur

Tabelle 43 : Analysenzeitbedarf für 1 Minute Grundzeit

Tabelle 44 : Umrechnungsfaktoren aus einer Industrieuntersuchung

Tabelle 45 : Auswirkungen unterschiedlicher Elementeneinteilung

Tabelle 46 : Zeitergebnisse verschiedener Verfahren nach Lorenz

Tabelle 47 : Interpretation der Lorenz schen Analysen

Tabelle 48 : Symmetrische und Unsymmetrische Teilekonstruktion

Tabelle 49 : VR-Schaltheben; Beispiel 2

Tabelle 50 : Anwendung der SvZ zur Konstruktion

Tabelle 51 : Verbesserung bestehender Arbeitsmethoden

Tabelle 52 : Vorgabezeitermittlung mit SvZ

Tabelle 53 : Vergleich von Fertigungsverfahren mit den SvZ

Tabelle 54 : Abstimmung von Bändern mit den SvZ

Tabelle 55 : Planung von Arbeitsprozessen mit den SvZ

Tabelle 56 : Richtwertbildung mit den SvZ

Tabelle 57 : Kostenvergleichsrechnung

II. Übersichten

Übersicht 1 : Systeme der Fertigungszeitplanung

Übersicht 2 : Analyse des Bewegungsablaufes

Übersicht 3 : Schematische Darstellung des Refa-Systems

Übersicht 4 : Schematische Darstellung der Systeme vorbestimmter Zeiten

Übersicht 5 : Systematischer Überblick über die SvZ

Übersicht 6 : Die von Work-Factor abgeleiteten Verfahren

Übersicht 7 : Die von MTM abgeleiteten Verfahren

Übersicht 8 : Basisdatengewinnung

Übersicht 9 : Bewegungsgrundelemente und Arbeitsverrichtungen der SvZ

Übersicht 10 : Standardelemente und Untergruppenelemente: Systematik nach Work-Factor

Übersicht 11 : Development of Equations- Moving Time Table

Übersicht 12 : Maßbereiche der Formeln

Übersicht 13 : Übersicht über das Leveling-System

Übersicht 14 : Einfluß und Auswirkungen der Arbeitsmethode

III. Abbildungen

Abbildung 1 : "B"-Werte für verschiedene Merkmale in Abhängigkeit von der Entfernung

Abbildung 2 : Darstellung von T_0, T_2 und T_3 bei Merkmal 1

Abbildung 3 : Weg-Zeit-Kurven der Systeme vorbestimmter Zeiten

Abbildung 4 : Prozentuale Abweichungen der SvZ zu WF-Armtabelle = 100 %

Abbildung 5 : Relative kumulierte Merkmalsstufenbetrachtung für M_0M_1 bei WF, MTM, BMT und DMT

Abbildung 6 : Gewichtsbelastungsstufen bei WF und MTM

Abbildung 7 : Gewichtsbelastungsvergleich

Literaturverzeichnis

ABERG, U., HANCOCK, W.M., — Design Criteria of Predetermined Time Systems, published by the International MTM Directorate, o.O. 1968.

ABERG, U., — Frequency of Occurence of Basic MTM Motions, Translated and reprinted with the permission of the Swedish MTM Association, Research Committee Report No 1, August 1962, S. 23-28.

ABERG, U., — Sequence of Motions In Manual Workshop Production, in: Journal of Methods-Time Measurement, Vol. IX (1963), Number 2, S. 1-12.

ABRUZZI, A., — Developing Standard Data for Predictive Purposes, in: Journal of Industrial Engineering, 3. Jg. (1952), S. 22-24.

ABRUZZI, A., — Work Measurement, New York 1952.

ADAMS, C.W., KELLEY, D.X., — Elektronische Hilfsmittel für die Fertigungssteuerung, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Berlin-Köln-Frankfurt o.J., S. 143-168, Teil X (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956).

ALBERS, H., — Die optimale Stellenzahl bei Mehrmaschinenbedienung in der Wirk- und Strickindustrie, Diss. Darmstadt 1959.

ALFORD, L.P., BANGS, J.R., — Production Handbook, New York 1955.

ALLEN, J.E., — First aid in planning new products, in: Factory Management and Maintenance, Vol. 111 (1953), S. 145-147.

AMANN, E., MAUCHER, H., STEHLE, W., Asymmetrische Häufigkeitskurven der Stückzeiten, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und soziale Betriebspraxis, 7. Jg. (1953), S. 3-6.

ANDERSON, C.A., Leistungsgradschätzen, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil III, Berlin-Köln-Frankfurt o.J., S. 71-100 (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956).

ANDERSON, D.W., Linear Programming Time Estimating Equations, in: JoIE, 16. Jg. (1965), S. 136-138.

ARNOLD, H., u.a., Work-Factor-Handbuch-Grundverfahren, Darmstadt o.J.

ARNOLD, H., u.a., Work-Factor-Handbuch Schnellverfahren, Copyrigth 1962 by The WOFAC-Corporation, Haddonfield, New Jersey, Darmstadt o.J.

ARNOLD, H., Work-Factor-Information, Darmstadt 1968.

BAIERL, F., Produktivitätssteigerung durch Lohnanreizsysteme, 4. Aufl., München 1965.

BAILEY, G.B., PRESGRAVE, R., Basic Motion Timestudy, New York 1958.

BAILEY, G., Comments on "An Experimental Evaluation of the Validity of Predetermined Elemental Time Systems", in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. XII (1961), S. 328-330.

BARNES, R.M., Motion and Time Study, 5. Aufl., New York-London 1963.

BARNES, R.M., Motion and Time Study Applications, 3. Aufl., New York 1958.

BARNES, R.M., Motion Study Research : 1. How Bevel Affects Pin-Positioning Time, in: Factory Management and Maintenance, Vol. 97 (1939), S. 51-54.

BASNETT, D., Die Einstellung der britischen Gewerkschaften zu den Fragen des Arbeitsstudiums, in: Arbeitswissenschaftlicher Auslandsdienst, 7. Jg. (1958), S. 61-66.

BAUMGARTEN, F., Klassifikation der Handbewegungen in wissenschaftlicher und industrieller Hinsicht, in: Industrielle Organisation, 26. Jg. (1957), S. 295-308.

BAUR, W., Neue Wege der betrieblichen Planung, Berlin-Heidelberg-New York 1967.

BAYER, H., Lohnpolitik und Lohntechnik heute, Berlin 1962.

BEDORF, H., Betriebswirtschaftliche Bedeutung von Arbeits- und Zeitstudien, in: Zeitschrift für handelswissenschaftliche Forschung, NF., 6. Jg. (1954), S. 172-188.

BEDORF, H., Die Bedeutung des Leistungsgradschätzens für die Ermittlung der Vorgabezeit, in: ZfhF, NF., 5. Jg. (1953), S. 424-440.

Beiträge zur Diskussion der Kleinstzeitverfahren, in: Refa-N., 9. Jg. (1956), S. 3-4.

BITTEL, H., Zweckmäßiges Vorgehen bei der Einführung des MTM-Systems in einem Industriebetrieb, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 58. Jg. (1963), S. 186-188.

BLOCH, W., Akkordberechnung mit Hilfe normalisierter Elementarzeiten, in: Unternehmung, 4. Jg. (1950), S. 65-70.

BLOCH, W., Amerikanische Zeitstudien- und Vorkalkulationsverfahren ohne Stoppuhr, in: Industrielle Organisation, 21. Jg. (1952), S. 104.

BLOCH, W., Arbeitswissenschaften als System, in: Industrielle Organisation, 36. Jg. (1967), S. 392-399.

BLOCH, W., Resultate arbeitswissenschaftlicher Untersuchungen, in: Industrielle Organisation, 19. Jg. (1950), S. 487-489.

BLOCH, W., Zur Problematik des Leistungsgradschätzens, in: Industrielle Organisation, 23. Jg. (1954), S. 20-24.

BLOCH, W., REUSSER, P., Rhythmus und Arbeitsplatzgestaltung, in: Arbeitswissenschaftlicher Auslandsdienst, 5. Jg. (1956), S. 92-96.

BOCK, K.F., Die Kostenanalyse das Gegenstück zur Arbeitsanalyse, in: BFuP, 5. Jg. (1953), S. 332-341.

BÖHRS, H., Arbeitsstudien in der Betriebswirtschaft, Wiesbaden 1967.

BÖHRS, H., Das Problem der menschlichen Normalleistung bei Leistungsentlohnung, in: Industrielle Organisation, 28. Jg. (1959), S. 341-345.

BÖHRS, H., Die geschichtliche Entwicklung des Arbeitsstudiums, in: Grundlagen und Praxis des Arbeits- und Zeitstudiums, Erster Band, Einführung in das Arbeits- und Zeitstudium, München 1948, S. 7-28.

BÖHRS, H., Die Leistungsgradbewertung in der Zeitstudie, in: Zeitschrift für Organisation, 10. Jg. (1936), S. 361-366.

BÖHRS, H., BRAMESFELD, E., EULER, H., PENTZLIN, K.,	Einführung in das Arbeits- und Zeitstudium, 2. Aufl., München 1954.
BÖHRS, H., BRAMESFELD, E., EULER, H.,	Grundlagen und Praxis des Arbeits- und Zeitstudiums, Erster Band, Einführung in das Arbeits- und Zeitstudium, München 1948.
BÖHRS, H.,	Leistungslohn, Wiesbaden 1959.
BÖHRS, H., PECHOLD, E.,	Methodische Übungen im Leistungsgradschätzen, in: Refa-N., 5. Jg. (1952), S. 31-36.
BÖHRS, H.,	Mißverständnisse um den menschlichen Leistungsgrad, in: Refa-N., 7. Jg. (1954), S. 76-80.
BÖHRS, H.,	Normalleistung und Erholungszuschlag in der Vorgabezeit, München 1959.
BÖHRS, H.,	Normalleistung und Erholungszuschlag in der Vorgabezeit, in: Refa-N., 4. Jg. (1951), S. 85-90.
BÖHRS, H.,	Probleme der Vorgabezeit, München 1950.
BÖHRS, H.,	Was soll der menschliche Leistungsgrad eigentlich in Prozenten ausdrücken, in: Refa-N., 8. Jg. (1955), S. 40-42.
BOHLIN, H.,	MTM in Büro und Verwaltung, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61. Jg. (1966), S. 653-656.
BOHLIN, H.,	MTM in Schweden, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 60. Jg. (1965), S. 63-66 und S. 183-184.
BOSCH	MTM-Informationskurs.

BOYCE, C.W., How Good is M-T-M ?, in: Factory Management and Maintenance, Vol. 108, August 1950, S. 83-91.

BRÄUTIGAM, G., Menschliches, Allzumenschliches auch beim Leistungsgradschätzen, in: Refa-N., 5. Jg. (1952), S. 92-94.

BRAMESFELD, E., Akkordvorgabe und Leistungsreserven, in: Refa-N., 13. Jg. (1960), S. 86-87.

BRAMESFELD, E., Bewegungs- und Zeitstudien, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, 3. Aufl., Stuttgart 1956, S. 1055-1059.

BRAMESFELD, E., Die Objektivität refamäßig ermittelter Vorgabezeiten, in: Refa-N., 9. Jg. (1956), S. 1-2.

BRAMESFELD, E., Inhalt und Grenzen der Refa-Arbeit, in: Refa-N., 12. Jg. (1959), S. 114-117.

BRAMESFELD, E., Leistungsbestimmung mit Hilfe von Arbeitsstudien, in: Zbl. Arb.-Wiss., 14. Jg. (1960), S. 93-97.

BRAMESFELD, E., GRAF, O., Praktisch-psychologischer und arbeitsphysiologischer Leitfaden für das Arbeitsstudium, München 1949.

BRAMESFELD, E., Refa und Arbeitsbewertung, in: Refa-N., 8. Jg. (1955), S. 61-63.

BRAMESFELD, E., Schätzen als Methode, in: Zbl. Arb.-Wiss., 1. Jg. (1947), S. 164-170.

BRANDENBURGER, A., Die Wirtschaftlichkeit der Lohnabrechnung in der Fertigungsindustrie: Methoden und ihre Beurteilung, Berlin 1958.

BRANDT, S., Statistische Methoden der Datenanalyse, Mannheim 1968.

BRAUN, C., Zeitvorgabe ohne Stoppuhr?, in: Arbeitgeber, 13. Jg. (1961), S. 276-278.

BRINK, H.J., FABRY, P., Die Systeme vorbestimmter Zeiten und ihre Bedeutung für die betriebliche Planung in deutschen Unternehmungen, in: ZfB, 40. Jg. (1970), S. 533-546.

BRISLY, C.L., Multimomentaufnahmen, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil III, Berlin-Köln-Frankfurt o.J., S. 101-124 (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956).

BRUCKNART, R., Konstruktion und Arbeitsstudium, in: Refa-N., 12. Jg. (1959), S. 44-46.

BRUNNER, A., Die Daueraufmerksamkeit und ihre Untersuchung durch ein neues Testverfahren, Dissertation München 1960.

BUFFA, E.S., Methoden der Zeitmessung, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil III, Berlin-Köln-Frankfurt o.J., S. 17-34 (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956).

BUFFA, E.S., Time Study Rating As Measurement, in: Advanced Management, Vol. XVIII (1953), S. 20-22.

BUFFA, E.S., The Additivity of Universal Standard Data Elements II, in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. 8 (1957), S. 327-333.

CARROLL, P., Standard Data, in: Advanced Management, Vol. XVIII, No. 4 (1953), S. 22-24.

CARROLL, P.,	Timestudy for Cost Control, 2. Edition, New York 1943.
CHISMAN, J.A.	Using Linear Programming to Determine Time Standards, in: JoIE, 17. Jg. (1966), S. 189-191.
CHURCHMAN, C.W., ACKOFF, R.L., ARNOFF, E.L.,	Operations Research, Wien und München 1961.
CONTE, J.A.,	A Study of the Effects of Paced Audio-Rhythm on Repetitive Motion, in: JoIE, 17. Jg. (1966), S. 163-169.
CRETTOL, G.,	Betriebliche Produktivität am Scheideweg. Eine Untersuchung des aktuellsten Problems der Betriebswirtschaft mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsmöglichkeiten der Arbeitsorganisation nach dem Bedaux-Verfahren, Diss. Basel 1966.
CROSSAN, R.M., NANCE, H.W.,	Master Standard Data, New York-Toronto-London 1962.
DAS, B.,	Applying Programmed Learning Concepts to Instruct in Performance Rating, in: Journal of Industrial Engineering, 16. Jg. (1965), S. 94-100.
Das Arbeitsstudium in den Vereinigten Staaten,	in: Arbeitswissenschaftlicher Auslandsdienst, 1. Jg. (1952), S. 2-7.
DAUBERT, H.,	Ein Beitrag zum Thema Leistungsgrad, in: Refa-N., 11. Jg. (1958), S. 134.
DAUBERT, H.,	Engpässe der Rationalisierungsarbeit, in: Refa-N., 15. Jg. (1962), S. 162.
DAUBERT, H.,	Grundfragen der Planung und der Arbeitsvorbereitung, in: Refa-N., 15. Jg. (1962), S. 231-237.

DAUBERT, H., Zeit- und Leistungsuntersuchungen in Kleinbetrieben, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 177-180.

DÄUMLING, A.M., Zur Psychologie fremdbemessener und selbstbestimmter Arbeit, in: Spezialausgabe des Maschinenmarkt, Werkzeugmaschinenpraxis, hrsg. von F. Eisele, gesammelte Vorträge des fünften Forschungs- und Konstruktionskolloquium Werkzeugmaschinen und Betriebswirtschaft, abgehalten vom 3.-5. Oktober 1961 in München, Erster Band, A Betriebsführung, S. 23-25.

DAVIDSON, H., On Balance - The Validity of Predetermined Elemental Time Systems, in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. XIII (1962), S. 162-165.

DELLMANN, K., Die Bestimmung optimaler Bedienungssysteme bei Mehrstellenarbeit, Diss. Saarbrücken 1968.

Diskussion um Elementarzeiten, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 20.

DISNEY, R.L., Praktische Statistik, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil XIII, Berlin-Köln-Frankfurt o.J. (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 531-647.

EARGLE, W.E., Die Rolle der Rechenanlage bei der Ermittlung von Vorgabezeiten, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil X, Berlin-Köln-Frankfurt o.J. (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 200-221.

EDMAN, J., Vollständige Anwendung von MTM, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 58. Jg. (1963), S. 289-292.

EGAN, D.M., Methoden des Arbeitsstudiums bei Feinstbewegungen, in: Refa-N., 15. Jg. (1962), S. 191-201.

Einführungsvortrag über Methods-Time Measurement, Bericht über den Vortrag von J.M. Buhls, in: Unternehmung, 7. Jg. (1953), S. 88-89.

ENGRISER, R., Rationalisierung durch MTM, in: Industrielle Organisation, 36. Jg. (1967), S. 400-404.

Erfolge mit Work Factor, in: Fortschrittliche Betriebsführung, Band 14, hrsg. vom Arbeitswissenschaftlichen Institut des Refa e.V., Darmstadt, ausgewählte Aufsätze aus den bisher erschienenen Jahrgängen der vom Verband für Arbeitsstudien - Refa e.V. - herausgegebenen Zeitschriften, Berlin-Köln-Frankfurt o.J.

ERHARDT, H., Bewegung und Form menschlicher Arbeit, in: Zbl. Arb.-Wiss., 7. Jg. (1953), S. 1-3.

ERNST, A., Beobachtungen in den USA über die Bezugsgröße des menschlichen Leistungsgrades, in: Refa-N., 7. Jg. (1954), S. 1-2.

EULER, H., STEVENS, H., HEIMANSBERG, B., Theorie und Praxis, Kritik und Mängel der bisherigen Leistungsentlohnung, in: Sozialwirtschaftliche Schriftenreihe der Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie, Heft 13, Düsseldorf 1962.

EULER, H., Zeitstudien im Blickfeld der Statistik, in: Zbl. Arb.-Wiss., 19. Jg. (1965), S. 125-139.

FANKHAUSER, G., Betrachtungen zum Leveling-Verfahren, in: Werkstattstechnik, 51. Jg. (1961), S. 254-258.

FANKHAUSER, G., Eine Anwendung von MTM in der Fertigung von Präzisionsteilen kleinster Abmessungen, in: Sonderdruck aus Microtechnik, Band XVI (1962).

FANKHAUSER, G., Layout-Planung und Fließbandfertigung nach dem MTM-Verfahren, in: Industrielle Organisation, 28. Jg. (1959), S. 325-334.

FANKHAUSER, G., Über die Stichhaltigkeit gewisser Einwände zum MTM-Verfahren, in: Werkstatt und Betrieb, 96. Jg. (1963), S. 232-236.

FANKHAUSER, G., Wie gut sind die MTM-Vorgabezeiten?, in: Werkstatt und Betrieb, 96. Jg. (1963), S. 95-99.

FERNER, W., Modelle zur Programmplanung im Absatzbereich industrieller Betriebe, Diss. Saarbrücken 1965.

FERRARI, F., Neue mechanische Hilfsmittel zur Rationalisierung von Arbeitszeitstudien, in: Refa-N., 6. Jg. (1953), S. 12-15.

FISCHER, B., Methode der analytischen Arbeitsbewertung zur Bestimmung der Grundlohnskala nach Bedaux, in: ZfB, 21. Jg. (1951), S. 35-43.

FISCHER, B., Grundzüge des Bedaux-Systems, in: ZfB, 20. Jg. (1950), S. 637-646.

FISHER, R.A., Statistical Methods for Research Workers, 13.th Edition-Revised, London 1963.

FLASKÄMPER, P., Allgemeine Statistik, 2. Aufl., Hamburg 1959.

FORNALLAZ, P.F., Arbeitsgestaltung und vorbestimmte Zeiten, in: Refa-N., 9. Jg. (1956), S. 10-17.

FORNALLAZ, P.F., Arbeitsphysiologisches Optimum und Normalleistung, in: Refa-N., 12. Jg. (1959), S. 40-42.

FORNALLAZ, P.F., Ausbildung im Leistungsgradschätzen mit Hilfe des Films, in: Refa-N., 4. Jg. (1951), S. 76-84.

FORNALLAZ, P.F., Entwicklungstendenzen der Methoden vorbestimmter Zeiten, in: Wirtschaftlichkeit, 10. Jg. (1957), S. 143-146.

FORNALLAZ, P.F., Neue Wege zur Ausbildung im Leistungsgradschätzen, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 117-123.

FORNALLAZ, P.F., Die Schätzung des Leistungsgrades mit Hilfe des Filmes, in: Arbeitswissenschaftlicher Auslandsdienst, 2. Jg. (1953), S. 16-22.

FORNALLAZ, P.F., Soziale Aspekte der Arbeitsanalyse, in: Arbeitswissenschaftlicher Auslandsdienst, 2. Jg. (1953), S. 94-103.

FORNALLAZ, P.F., Wissenschaftliches - Allzuwissenschaftliches, in: Refa-N., 8. Jg. (1955), S. 7-9.

FORTUIN, G.J., Optische Arbeitsplatzgestaltung, in: Industrielle Organisation, 26. Jg. (1957), S. 442-446.

FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Das Work-Factor-Schnellverfahren, in: Refa-N., 16. Jg. (1963), S. 10-18.

FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Der Einsatz des Work-Factor-Systems bei der Bildung von Richtwerten, in: Refa-N., 15. Jg. (1962), S. 52-61.

FRANCK, H., WILLENBACHER, K., Die Bildung von Richtwerten für die Fertigungs- und Terminplanung und Verfahrensvergleiche mit dem Work-Factor-Schnellverfahren, in: Refa-N., 16. Jg. (1963), S. 66-71.

FRANKE, W., Arbeitsplanung und Fertigungssteuerung, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 125-128.

FRANKE, W., Leistungssteigerung durch Zeitvorgabe, in: Refa-N., 16. Jg. (1963), S. 8-9.

FRANKE, W., Vorbereitungsarbeiten für den Einsatz einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage zur Fertigungssteuerung, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 1-8.

FREUND, H., Zeitstudien, Betriebswirtschaftliche Bücher, hrsg. von W. Bondi, dritter Band, Berlin 1927.

FUNKE, P., Arbeitsstudium als Instrument der Unternehmensführung, Teil II: Zeitmeßgeräte und Zeitmeßverfahren im Arbeitszeitstudium, in: Der Arbeitgeber, 15. Jg. (1963), S. 176-179.

GARTNER, K., Film und Arbeitsforschung, in: Zbl. Arb.-Wiss., 7. Jg. (1953), S. 6-10.

GEPPINGER, H.C., Dimensional Motion Times, New York 1955.

GEPPINGER, H.C., New Motion Time Method Defined, in: Iron Age, Vol. 171 (1953), S. 106-108.

GFELLER, H., HALLER, H.R., Verlustzeituntersuchungen mittels statistischer Methoden (Ratio-Delay Method), in: Industrielle Organisation, 21. Jg. (1952), S. 105-110.

GHISELLI, E., BROWN, C., Personnel and Industrial Psychology, New York 1948.

GILBRETH, F.B., Angewandte Bewegungsstudien (Applied Motion Study), ins Deutsche übertragen von J.M. Witte, Berlin 1920.

GILBRETH, F.B., Ermüdungsstudium (Fatigue Study), ins Deutsche übertragen von J.M. Witte, Berlin 1921.

GOMBERG, W., A Trade Union Analysis of Time Study, Second Edition, New York 1955.

GOTTLIEB, B., Die Zukunft des Arbeitsstudiums, in: Afa-Informationen, 14. Jg. (1964), H. 1/2, S. 5-17.

GRAF, O., Arbeitsphysiologie, Wiesbaden 1960.

GRAF, O., Physiologische Probleme der Anwendung vorbestimmter Zeiten, in: Spezialausgabe des Maschinenmarkt, Werkzeugmaschinenpraxis, hrsg. von F. Eisele, gesammelte Vorträge des fünften Forschungs- und Konstruktionskolloquiums Werkzeugmaschinen und Betriebswirtschaft, abgehalten vom 3.-5. Oktober 1961 in München, Erster Band, A Betriebsführung, S. 19-25.

GRAHAM, C., Work measurement and cost control, Oxford 1965.

GROTHUS, H., Multimomentaufnahmen bei Instandhaltegruppen zeigen Ansatz, Ziel und Erfolg der Rationalisierung, in: Refa-N., 20. Jg. (1967), S. 63-70.

GÜMBEL, R., Die Bedeutung der Gewinnmaximierung als betriebswirtschaftliche Zielsetzung, in: BFuP, 16. Jg. (1964), S. 71-81.

GÜMBEL, R., Nebenbedingungen und Varianten der Gewinnmaximierung, in: ZfhF, 15. Jg. (1963), S. 12-21.

GUTENBERG, E., Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Erster Band, Die Produktion, 12. Aufl., Berlin-Heidelberg-New York 1965.

HAIST, K., Anwendung von MTM bei der Planung und dem Neuanlauf eines Erzeugnisses mit wechselnden Stückzahlen, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61. Jg. (1966), S. 333-334.

HALLER-WEDEL, E., Das Multimomentverfahren in Theorie und Praxis, 2. Aufl., München 1969.

HALLER-WEDEL, E., Elementar-Bewegungen als Grundlage für Arbeitsstudien, in: Zbl. Arb.-Wiss., 10. Jg. (1956),
I. Teil, Arbeitszeitvorgabe ohne Stoppuhr, S. 1-7;
II. Teil, Das amerikanische MTM-Verfahren, S. 20-28;
III. Teil, Die modifizierten metrischen MTM-Tafeln, S. 36-47.

HAMDY, M.A.H., Beitrag zur Kritik der Verfahren vorbestimmter Zeiten, Köln und Opladen 1964.

HAMDY, M.A.H., Kritische Betrachtungen einiger in den USA entwickelter Verfahren zur Bestimmung des Leistungsgrades, in: Zbl. Arb.-Wiss., 15. Jg. (1961), S. 169-175.

HANCOCK, W.M., FOULKE, J.A., Eine Studie der Anlernkurven für kurze Arbeitsgänge, Forschungsstudien, Rapport 112, deutsche Übersetzung von E. Bornemann, o.O. 1965.

HANCOCK, W.M., MTM-Grundlagenforschung in den Vereinigten Staaten, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 6. Jg. (1968), S. 309-310.

HANFT, K.K., Das MTM-2-System, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61. Jg. (1966), S. 213-216.

HANFT, K.K., Die Methoden- und Zeitermittlung mit Datenverarbeitungsanlagen, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 62. Jg. (1967), S. 79-82.

HAUPTS, R., Analytische Arbeitsbewertung - ein Weg zur gerechten Lohnfindung?, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 62. Jg. (1967), S. 273-278.

HASELOFF, O.W., HOFFMANN, H.J., Kleines Lehrbuch der Statistik, Berlin 1968.

HAX, H., Bewertungsprobleme bei der Formulierung von Zielfunktionen für Entscheidungsmodelle, in: ZfbF, 19. Jg. (1967), S. 749-761.

HAX, H., Rentabilitätsmaximierung als unternehmerische Zielsetzung, in: ZfhF, 15. Jg. (1963), S. 337-344.

HAX, K., Planung und Organisation als Instrumente der Unternehmensführung, in: ZfhF, 11. Jg. (1959), S. 605-615.

HEBEISEN, W., Das MTM-Verfahren in der Textilindustrie, in: Industrielle Organisation, 28. Jg. (1959), S. 316-318.

HEBEISEN, W., Methods Time Measurement, in: Industrielle Organisation, 27. Jg. (1958), S. 189-192.

HEIMANN, K.W., WILLENBACHER, K., Einsatz des Work-Factor-Systems in einem Großbetrieb, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 205-212 und in: Spezialausgabe des Maschinenmarkt, Werkzeugmaschinen-Praxis, hrsg. von F. Eisele, gesammelte Vorträge des fünften Forschungs- und Konstruktionskolloquium Werkzeugmaschinen und Betriebswirtschaft, abgehalten vom 3.-5. Oktober 1961 in München, Erster Band, A Betriebsführung, S. 51-58.

HEINEN, E., Die Zielfunktion der Unternehmung, in: Zur Theorie der Unternehmung, Festschrift zum 65. Geburtstag von E. Gutenberg, Wiesbaden 1962, S. 9-71.

HEINITZ, G., Messung und Analyse der Arbeitsproduktivität in Textilbetrieben, Leipzig 1962.

HELM, R., MTM und Refa, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 64. Jg. (1969), S. 87-90 und S. 197-199.

HELMS, W., Aus der Arbeit der Fachausschüsse der Deutschen MTM-Vereinigung, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 58. Jg. (1963), S. 379-382.

HENDRY, J.W., A Manual of Time and Motion Study, 5. Aufl., London 1958.

HENN, R., KÜNZI, H.P., Einführung in die Unternehmensforschung II., Berlin, Heidelberg, New York 1968.

HENNECKE, A., Die Ermittlung der Akkordvorgabezeiten für Massenerzeugnisse mit unterschiedlichen Abmessungen aufgrund von Arbeitsstudien mit der Arbeitsschauuhr, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 269-277.

HENNECKE, A., Die Verfahren der Arbeitsbewertung. Untersuchung über die methodischen Grundlagen der verschiedenen Verfahren der analytischen Arbeitsbewertung, Diss. Aachen 1965.

HENNIG, K.W., Arbeitsvorbereitung, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaftslehre, 3. Aufl., Stuttgart 1956, S. 243-248.

HESSE, G., Die Zufalls-Genauigkeit von Vorgabezeiten, in: Zbl. Arb.-Wiss., 12. Jg. (1958), S. 97-101.

HILF, H.H., Arbeitswissenschaft, Grundlagen der Leistungsforschung und Arbeitsgestaltung, München 1957.

HILF, H.H., Arbeitswissenschaftliche Beobachtungen in den USA, in: Rationalisierung, 7. Jg. (1956), S. 3-8.

HILF, H.H., Einführung in die Arbeitswissenschaft, Berlin 1964.

HILF, H.H., Grundleistung oder Normalleistung, in: Zbl. Arb.-Wiss., 7. Jg. (1953), S. 145-149.

HIRSCH, W.Z., Manufacturing Progress Functions, in: The Review of Economics and Statistics, Vol. 34 (1952), S. 143-155.

HODSON, W.K., MATTERN, W.J., Universelle Richtwerte, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil XII, Berlin-Köln-Frankfurt o.J. (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 349-382.

HOLMES, W.G., Applied Time and Motion Study, New York 1938.

HONEYCUTT, J., Comments on "An Experimental Evaluation of the Validity of Predetermined Elemental Time Systems", in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. XIII (1962), S. 171-179.

HOSS, K., Fertigungsablaufplanung mittels operationsanalytischer Methoden, Würzburg-Wien 1965.

JÄGER, O., Systeme der vorbestimmten Teilzeiten, Diss. Hamburg 1962.

JANZEN, J.L., The Manufacturing Progress Function Applied to a Wage Incentive Plan, in: JoIE, 17. Jg. (1966), S. 197-200.

JENNINGS, E.E., The Validity of Basic Assumptions in Motion and Time Study, in: The Journal of Industrial Engineering, 5. Jg. (1954), S. 16-18.

JOHANN, H.P., Analytische Untersuchungen über die Treffsicherheit und Zuverlässigkeit des Leistungsgradschätzens und der Vorgabezeitermittlung mit Hilfe mathematisch-statistischer Verfahren, Diss. Aachen 1964.

DE JONG, J.R., Das Multimomentverfahren in den USA, in: Refa-N., 11. Jg. (1958), S. 171-174.

DE JONG, J.R., Der Einfluß der Übung auf die menschliche Leistung, in: afa-Informationen 4/5 (1961), S. 54-67.

DE JONG, J.R., Die Genauigkeit von Vorgabezeiten, in: Refa-N., 10. Jg. (1957), S. 127-134.

DE JONG, J.R., Methodologische Probleme des Arbeitsstudiums, in: Zbl. Arb.-Wiss., 14. Jg. (1960), S. 121-127.

JOUFFRET, R.J., HAUSER, F., Auswirkungen der Anwendung von Kleinstzeitmessungen und vorbestimmten Zeiten auf die Arbeitsbedingungen, in: Kleinstzeit- und Bewegungselemente Verfahren, Schriftenreihe der IG Metall für die BRD, Bericht der Internationalen Gewerkschaftskonferenz, Dortmund 1959, 1. Nachdruck, o.O. 1964.

KALVERAM, W., Industriebetriebslehre, 7. Aufl., Wiesbaden 1960.

KAMINSKY, G., SCHMIDTKE, H., Arbeitsablauf- und Bewegungsstudien, in: Grundlagen des Arbeits- und Zeitstudiums, fünfter Band, München 1960.

KAMINSKY, G., Die physiologisch-optimale Arbeitsleistung beim Sägen, in: Zbl. Arb.-Wiss., 9. Jg. (1955), S. 54-57.

KARGER, D.W., BAYHA, F.H., Engineered Work Measurement, New York 1961.

KELLNER, W., Belastung und Leistung, in: Der Arbeitgeber, 13. Jg. (1961), S. 605-609.

KELLNER, W., Soziologische Auswirkungen der Akkordschere, in: Zbl. Arb.-Wiss., 14. Jg. (1960), S. 181-188.

KELLNER, W., Um die Akkordrevision, in: Der Arbeitgeber, 13. Jg. (1961), S. 242-244.

KERKHOVEN, C.L.M., Das Rohmertsche Gesetz, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 182-184.

KERKHOVEN, C.L.M., Ergonomics: Study of Fatigue of Workers in Industry, in: JoIE, 17. Jg. (1966), S. 594-597.

KERN, W., Optimierungsverfahren in der Ablauforganisation - Gestaltungsmöglichkeiten mit Operations Research, Essen 1967.

KILGER, W., Der Faktor Arbeit im System der Produktionsfaktoren, in: ZfB, 1961, S. 596-611.

KILGER, W., Flexible Plankostenrechnung, 3. Aufl., Köln und Opladen 1967.

KILGER, W., Optimale Verfahrenswahl bei gegebenen Kapazitäten, in: Produktionstheorie und Produktionsplanung. Festschrift für K. Hax, hrsg. von A. Moxter u.a., Köln und Opladen 1966, S. 156-191.

KILGER, W., Planungsrechnung und Entscheidungsmodelle des Operations Research, in: Agplan, Bd. 9, Unternehmensplanung, Wiesbaden 1965, S. 55-75.

Kleinstzeit-	und Bewegungselemente-Verfahren, Übersetzung des Berichtes der Internationalen Gewerkschaftskonferenz über Auswirkung der Systeme vorbestimmter Zeiten auf die Arbeitsbedingungen, Dortmund 1959, zusammengestellt von J. Jouffret und F. Hauser, in: Schriftenreihe der IG Metall für die BRD, 1. Nachdruck, o.O. 1964.
KLINKE, R.,	Die Systeme vorbestimmter Zeiten unter besonderer Berücksichtigung des MTM Verfahrens in der Textilindustrie, in: Wirtschaftlichkeit, 15. Jg. (1962), S. 24-25.
KOBLANCK, H.,	Die Lehren des Leistungsgradschätzens, in: Zbl. Arb.-Wiss., 7. Jg. (1953), S. 38-44.
KOCH, H., FANKHAUSER, G.,	Die Anwendung der Bewegungsstudie und Vorgabezeitermittlung nach dem MTM-Verfahren in Gießereibetrieben, in: Sonderdruck aus Gießerei, Zeitschrift für das gesamte Gießereiwesen, 48. Jg. (1961), S. 1-7.
KOCH, H.,	MTM, ein Hilfsmittel zur Durchführung von Wertanalysen, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 60. Jg. (1965), S. 184-185 und S. 303-305.
KOHLMANN, H.,	Akkord und unbeeinflußbare Zeiten, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 165-169.
KOPP, K.K.,	A Computer Program for Time Study Analysis, in: JoIE, 18. Jg. (1967), S. 147-152.
KORTZFLEISCH, G.v.	Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, Berlin 1962.
KORTZFLEISCH, G.v.	Zum Wesen der betriebswirtschaftlichen Planung, in: Planung in industriellen Unternehmungen, Festgabe für Theodor Beste, hrsg. von J. Ries und G.v.Kortzfleisch, Berlin 1959.

KREGELOH, H., Statistische Verfahren für das Arbeitsstudium, in: Grundlagen des Arbeits- und Zeitstudiums, Band 7, München 1962.

KREYSZIG, E., Statistische Methoden und ihre Anwendungen, 3. Aufl., Göttingen 1968.

KRÜGER, K., Die Amerikanischen Begriffe des Arbeits- und Zeitstudiums mit Definitionen und deren deutscher Übersetzung, Berlin-Köln-Frankfurt 1958.

KUPKE, E., Beiträge zur Frage des Leistungsgrades und der Vorgabezeit, 2. Aufl., München 1951.

KURZ, E.F., Work-Factor-Kurzverfahren für den Selbstunterricht programmiert, in: Refa-N., 20. Jg. (1967), S. 20-21.

KURZ, E.F., Work-Factor-Kurzverfahren - für den Selbstunterricht programmierter Lehrgang, Darmstadt 1967.

KURZ, E.F., WF noch wirtschaftlicher und einfacher durch Schnell- und Kurzverfahren, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 67-68.

LANGHEINRICH, G., Planzeitwerte fehlen, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 217-220.

LANGHEINRICH, G., Über die umstrittenen Zeitrichtwerte, in: Refa-N., 13. Jg. (1960), S. 73-81.

LAUKE, H.L., Zeitstudien bei unregelmäßig ablaufenden Arbeitsvorgängen, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 177-182.

LEDERER-TRATTNERN, H.v., Der Erholungszuschlag im Bedaux-Verfahren, in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und soziale Betriebspraxis, 7. Jg. (1953), S. 52-54.

LEHMANN, G., Physiologische Forschung als Voraussetzung zur Bestgestaltung der menschlichen Arbeit, Köln und Opladen 1951, in: Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 3, S. 23-42.

LEHMANN, G., Praktische Arbeitsphysiologie, 2. Aufl., Stuttgart 1962.

LETTAU, R., Was kann die Arbeitsvorbereitung zur Förderung des Betriebsklimas tun?, in: Refa-N., 15. Jg. (1962), S. 3-10.

LOKIEC, M., Incentives and the Garment Industry, in: JoIE, 17. Jg. (1966), S. 313-317.

Das Lohn-Geheimnis- MTM-Schlüssel zur Gerechtigkeit, in: Nachdruck aus "Christ und Welt", 19 (1966), Nr. 37, vom 16.9.1966, S. 26, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 62. Jg. (1967), S. 195-197.

LORENZ, F.R., Die Meßlücke der Zeitstudientechnik ist geschlossen, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 279-284.

LORENZ, F.R., Zur Frage der Erfassung kurzer Zeiten bei Arbeits- und Zeitstudien, in: Werkstatt und Betrieb, 95. Jg. (1962), S. 283-287.

LOWRY, M., MAYNARD, H.B., STEGEMERTEN, G.J., Time and Motion Study and Formular for Wage Incentives, Third Edition, New York-London 1940.

MARTZ, O., Das MTM-Verfahren, in: Industrielle Organisation, 28. Jg. (1959), S. 283-298.

MAUCHER, H., Abwertung des Normalleistungsbegriffs?, in: Zbl. Arb.-Wiss., 6. Jg. (1962), S. 100-102.

MAUCHER, H., Die phänomenologische Evidenz der Normalleistung, in: Refa-N., 13. Jg. (1960), S. 13-15.

MAUCHER, H., Zeitlohn, Akkordlohn, Prämienlohn, 4. neugestaltete und erweiterte Aufl., Darmstadt 1968.

MAUL, H., Methoden für die Ermittlung von Planzeitwerten, in: Refa-N., 18. Jg. (1965), S. 1-16.

MAUL, H., Prozeßanteile in der Vorgabezeit, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 226-235.

MAYNARD, H.B., STEGEMERTEN, G.J., SCHWAB, J.L., Methods-Time-Measurement, New York-Toronto-London 1948.

MAYNARD, H.B., Zeitstudien bei stark repetitiver Arbeit, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil X, Berlin-Köln-Frankfurt o.J. (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 225-243.

MEISCHNER, W., Der Einsatz eines Klein-Computers bei der MTM-Anwendung für Einzel- und Kleinserienfertigung, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 7. Jg. (1969), S. 427-432.

MENGES, G., Grundriß der Statistik, Teil 1: Theorie, Köln und Opladen 1968.

MESCHKOWSKI, H., Wahrscheinlichkeitsrechnung, Mannheim 1968.

MEYER, H.O., Wirtschaftliche Bedeutung der Einarbeitung, in: Spezialausgabe des Maschinenmarkt, Werkzeugmaschinenpraxis, hrsg. von F. Eisele, gesammelte Vorträge des fünften Forschungs- und Konstruktionskolloquium Werkzeugmaschinen und Betriebswirtschaft, abgehalten vom 3.-5. Oktober 1961 in München, Erster Band, A Betriebsführung, S. 43-45.

MODER, J.J., Activity Sampling with Applications to Time Standard Estimation, in: JoIE, 18. Jg. (1967), S. 24-29.

MÜLLER, E.A., Bemerkungen zum Beitrag "Arbeitsphysiologisches Optimum und Normalleistung von Paul F. Fornallaz, in: Refa-N., 12. Jg. (1959), S. 43-44.

MÜNCH, H., Eingliederung des MTM-Verfahrens in die Betriebsorganisation, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 6. Jg. (1968), S. 83-87.

MUNDEL, M.E., Motion and Time Study, 3. Aufl., New York 1960.

MUSCAT, S.R., Die Notwendigkeit der Messung und Kalkulation von Instandhaltungsarbeiten, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 6. Jg. (1968), S. 195-198.

MUTHER, R., Fließende Fertigung, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil VII, Berlin-Köln-Frankfurt o.J., (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 139-182.

NADLER, G., Critical Analysis of Predetermined Motion Time Systems, wiedergegeben in: Time and Motion Study, London Februar 1953, Originaltext: Proceedings of the National Motion Study and Management Clinic, Industrial Management Society, 1952.

NADLER, G., WILKES, WRAY, Studies in Relationships of Therbligs, in: Advanced Management, Vol. XVIII, No. 2 (1953), S. 20-22.

NADLER, G., Work Design, Homewood 1963.

NANDA, R., Developing Variability Measures for Predetermined Time Systems, in: JoIE, 18. Jg. (1967), S. 120-122.

NIEBEL, B.W., Motion and Time Study, Revised Edition, Homewood 1958.

OLSEN, R.A., Setting Time Standards Without a Stop Watch, in: Factory Maintenance and Management, Vol. 104 (1946), S. 92-96.

PAPPAS, F.G., DIMBERG, R.A., Practical Work Standards, New York-Toronto-London 1962.

PANSKUS, G., Wirtschaftlichkeitsrechnungen in der Arbeitsvorbereitung, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61. Jg. (1966), S. 657-662.

PECHOLD, E., Begriff, Wesen und Einflußgrößen des menschlichen Leistungsgrades, in: afa-Informationen, 4/5 (1961), S. 47-53.

PECHOLD, E., Über die Treffsicherheit von Leistungsgradschätzungen, in: Refa-N., 12. Jg. (1959), S. 6-9.

PENTZLIN, K., Arbeitsrationalisierung, in: Grundlagen und Praxis des Arbeits- und Zeitstudiums, vierter Band, München 1954.

PENTZLIN, K., Leben wir von der Substanz der Rationalisierungsideen?, in: Rationalisierung, 6. Jg. (1955), S. 101-104.

PILZ, H.E., Bessere Arbeitsgestaltung durch die Anwendung vorbestimmter Zeiten, in: Refa-N., 12. Jg. (1959), S. 68-73.

PILZ, H.E., Die Einführung des Work-Factor-Systems in Deutschland, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 124-125.

PILZ, H.E., Die Wirtschaftlichkeit des Work-Factor-Systems, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 13-14.

PORNSCHLEGEL, H., Auswirkungen und Probleme der Anwendung der Verfahren vorbestimmter Zeiten auf die Arbeitnehmer, in: Verfahren vorbestimmter Zeiten, hrsg. von H. Pornschlegel, Band 8/9 der Arbeits- und betriebskundlichen Reihe, Köln 1968, S. 94-105.

PORNSCHLEGEL, H., BIRKWALD, R., Hohe Gewinne durch vorbestimmte Zeiten, in: Gewerkschafter, VIII (1965), S. 285-290.

PORNSCHLEGEL, H., Kritische Anmerkungen zu den Verfahren vorbestimmter Zeiten, in: afa-Informationen, 9/10 (1961), S. 135-144.

PORNSCHLEGEL, H., Leistungsgrad und Zeitakkord - eine kritische Betrachtung, in: afa-Informationen, (1961), S. 77-92.

PORNSCHLEGEL, H., BIRKWALD, R., WIESNER, H., Menschliche Leistung und Arbeitsergebnis, in: Arbeits- und betriebskundliche Reihe, vierter Band, Köln 1965.

PORNSCHLEGEL, H., BIRKWALD, R., Die Verfahren vorbestimmter Zeiten, in: Gewerkschafter, VII (1965), S. 253-256.

PORNSCHLEGEL, H., BIRKWALD, R., Die Verfahren vorbestimmter Zeiten - was ist zu tun?, in: Gewerkschafter, IX (1965), S. 357-360.

PORTER, D.B., Einige Beobachtungen bei der Zusammenstellung der Ergebnisse der Leistungsgradschätzungen nach den SAM-Filmen, in: Arbeitswissenschaftlicher Auslandsdienst, 1. Jg. (1952), S. 10-15.

PREGER, K.Th., Stellungnahme zum Aufsatz von G. Langheinrich, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 223-226.

PRESGRAVE, R., BAILEY, G.B., Basic Motion Timestudy, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil IV, Berlin-Köln-Frankfurt o.J. (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 143-158.

PRESGRAVE, R., Leistungsgradschätzen, in: Arbeitswissenschaftlicher Auslandsdienst, 1. Jg. (1952), S. 2-8.

PRESGRAVE, R., The Dynamics of Time Study, Second Edition, New York 1945.

QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Das Work-Factor-Buch, München 1965.

QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Das Work-Factor-System, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil 4, Berlin-Köln-Frankfurt o.J. (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 61-142.

QUICK, J.H., DUNCAN, J.H., MALCOLM, J.A., Work-Factor-Time Standards Measurement of manual and mental work, New York-Toronto-London 1962.

QUICK, J.H., SHEA, W.J., KOEHLER, R.E., Motion-Time-Standards, in: Factory Management and Maintenance, Vol. 103 (1945), S. 97-108.

RAPHAEL, D.L., Methods-Time Measurement, Forschungsstudien, Rapport 107, hrsg. durch die MTM Association for Standard and Research, Ann Arbor, Michigan 1954, deutsche Ausgabe übersetzt durch W. Hebeisen, hrsg. durch die Schweizerische MTM-Vereinigung, Zürich 1960.

REDDING, J.H., Elektronische Hilfsmittel für das Zeitstudium, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil X, Berlin-Köln-Frankfurt o.J. (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 169-199.

Das Refa-Buch, Erster Band, Arbeitsgestaltung, 9. Aufl., München 1960.

Das Refa-Buch, Zweiter Band, Zeitvorgabe, 8. Aufl., München 1958.

Das Refa-Buch, Dritter Band, Methodische Grundlagen der analytischen Arbeitsbewertung, München 1965.

Das Refa-Buch, Vierter Band, Arbeitsunterweisung, 5. Aufl., München 1960.

Das Refa-Buch, Fünfter Band, Der kalkulatorische Verfahrensvergleich, München 1956.

REHHAHN, H., Kritik an "Workfactor", in: Zentralblatt für Arbeitswissenschaften und Fachberichte aus der sozialen Betriebspraxis, 15. Jg. (1961), S. 105-111, S. 135-140, S. 161-164, S. 179-181, S. 188-189.

REHHAHN, H., Methodische Probleme des Arbeitsstudiums, in: Zbl. Arb.-Wiss., 12. Jg. (1958), S. 145-152.

REHHAHN, H., Um die Methode im Arbeitsstudium, in: Zbl. Arb.-Wiss., 14. Jg. (1960), S. 157-161.

REHHAHN, H., Zur Kritik des "absoluten Arbeitswertes", in: Zbl. Arb.-Wiss., 12. Jg. (1958), S. 86-90.

ROCHAU, E., Das Bedaux-System, 3. Aufl., Würzburg 1952.

ROEPKE, E.A., Der Arbeitswert, eine natürliche Dimension menschlicher Leistung, in: Zbl. Arb.-Wiss., 8. Jg. (1954), S. 1-16.

ROHMERT, W., Beurteilung statischer Kraftleistungen, in: Zbl. Arb.-Wiss., 15. Jg. (1961), S. 1-6.

ROHMERT, W., Geschwindigkeit und Genauigkeit von Handbewegungen, in: Zbl. Arb.-Wiss., 12. Jg. (1958), S. 17-32.

ROHMERT, W., Statische Belastung bei gewerblicher Arbeit. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 793, Köln und Opladen 1959.

DE ROODE, E., SCHRAGE, J.R., Work-Factor - ein weiteres Kleinstzeitverfahren, in: Refa-N., 10. Jg. (1956), S. 80-85.

ROTROFF, V.H., Work-Measurement, New York 1959.

SAMPTER, H.C., Bewegungsstudium und Arbeitsgestaltung, ins Deutsche übertragen von H. Bartels und R. Kupke, Berlin-Köln-Frankfurt 1961.

SANDER, M., Work-Factor-Schulung von Konstrukteuren, in: Refa-N., 14. Jg. (1961), S. 133-141.

SANFLEBER, H., Untersuchungen über die Summierbarkeit von Elementarzeiten, Diss. Aachen 1965.

SAUER, H., Was haben wir vom "MTM" zu halten?, in: Refa-N., 4. Jg. (1951), S. 24-27.

SAUER, H., Zur Problematik des Leistungsgradschätzens, in: Refa-N., 6. Jg. (1953), S. 86-88.

SAUER, H., WIX, F., Graphische Häufigkeitsanalyse für Zeitstudien, Sonderheft der Refa-N., Berlin-Köln-Frankfurt 1960.

SAWALLA, F., MTM-Standard-Daten, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 287-295.

SECOR, H., KOGOVSK, W., EUGENE, P., PDS Work Measurement, in: JoIE, 18. Jg. (1967), S. 254-258.

SEGUR, A.B., Motion-Time-Analysis, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil IV, Berlin-Köln-Frankfurt o.J. (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 159-185.

SEIDEL, N., Praktische Fertigungsvorbereitung, München 1964.

SELLIE, C., Comments on "An Experimental Evaluation of the Validity of Predetermined Elemental Time Systems", in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. 12 (1961), S. 330-333.

SEYMOUR, W.D., Verkürzung der Anlernzeit, Berlin-Köln-Frankfurt 1960.

SIEGEL, MTM und Leistungsgradschätzen, in: Refa-N., 9. Jg. (1956), S. 4-10.

SONNENBERG, H., Arbeitsvorbereitung und Kalkulation, Braunschweig 1966.

SOOM, E., Zeitstudien als Grundlage der Arbeitsrationalisierung und der Akkordkalkulation, in: Industrielle Organisation, 28. Jg. (1959), S. 79-84.

SPITZER, H., Physiologische Grundlagen für den Erholungszuschlag bei Schwerarbeit, in: Refa-N., 4. Jg. (1951), S. 37-42.

SCHAEFER, H.G., Establishing Time Values by Elementary Analysis, in: Proceedings Tenth Time and Motion Study Clinic, IMS, Chicago November 1946, S. 21-27.

SCHEUCHZER, R., Der Faktor Mensch in der Betriebswirtschaftslehre, in: Unternehmung und Betrieb, Band 54, hrsg. von A. Walther, Bern 1957.

SCHIEFERER, G., Arbeitsgestaltung mit MTM in der Automobilindustrie, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Anwendung, 7. Jg. (1969), S. 323-326.

SCHLAICH, K., Über die Bedeutung der Systeme vorbestimmter Zeiten im Arbeitsstudium, in: Refa-N., 18. Jg. (1965), S. 67-71.

SCHLAICH, K., Unterschiede zwischen dem WF- und dem MTM-Verfahren, in: Refa-N., 18. Jg. (1965), S. 72-78.

SCHLAICH, K., "Wie gut sind die MTM-Vorgabezeiten?", in: Refa-N., 16. Jg. (1963), S. 262-263.

SCHLAICH, K., Vergleich von beobachteten und vorbestimmten Elementarzeiten manueller Willkürbewegungen bei Montagearbeiten, Berlin-Köln-Frankfurt 1967 (auch Diss. TH Darmstadt 1967).

SCHMIDT, H., Arbeitsplatzgestaltung mit Hilfe von MTM in der Elektroindustrie, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61. Jg. (1966), S. 435-437.

SCHMIDT, H., Planen mit Standard-Daten, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 6. Jg. (1968), S. 531-536.

SCHMIDTKE, H., STIER, F., Der Aufbau komplexer Bewegungsabläufe aus Elementarbewegungen, Köln und Opladen 1960.

SCHMIDTKE, H., Kritische Bemerkungen zu Systemen vorbestimmter Zeiten, in: afa-Informationen, 9/10 (1961), S. 126-133.

SCHMIDTKE, H., Untersuchungen über die Abhängigkeit der Bewegungsgenauigkeit im Raum von der Körperstellung, Köln und Opladen 1961.

SCHNEIDER, D., "Lernkurven" und ihre Bedeutung für Produktionsplanung und Kostentheorie, in: ZfbF, NF., 17. Jg. (1965), S. 501-515.

SCHÖNEFELD, H., Beitrag zu den Grundsatzfragen der Leistungsentlohnung vorzugsweise bei mechanisierter und teilweise automatisierter Fertigung, Köln und Opladen 1965.

SCHÖTTLE, H., Arbeitsplatzgestaltung mit Hilfe von MTM, Referat, gehalten auf der 3. Mitgliederversammlung der Deutschen MTM-Vereinigung am 13.12. 1963 und beim FOKOMA-Fachgruppe Betriebsführung - am 10.4.1964, in: MTM-Information, S. 1-6.

SCHÖTTLE, H., Die Zeitplanung in den Produktionsabteilungen aus der Sicht der Unternehmensleitung, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 62. Jg. (1967), S. 301-304.

SCHRAGE, J.R., Work-Factor als Hilfsmittel für die Maschinen- und Werkzeugkonstruktion, in: Refa-N., 10. Jg. (1957), S. 48-49.

SCHRICKEL, K.B., Arbeitsgestaltung mit Hilfe des MTM-Systems, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 58. Jg. (1963), S. 483-488.

SCHRICKEL, K.B., Praktische Erfahrungen mit der Einführung und Anwendung von MTM-Standard-Daten, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61. Jg. (1966), S. 87-90.

SCHROEDER, R., Das Bedaux-Verfahren, in: Zbl. Arb.-Wiss., 5. Jg. (1951), S. 40-43.

SCHROEDER, R., Die Häufigkeitsstudie als Hilfsmittel des Arbeitsstudiums und ihre mathematischen Grundlagen, in: Refa-N., 7. Jg. (1954), S. 82-86.

SCHRÖTER, K., Der Refa-Mann und die Kosten, in: Refa-N., 18. Jg. (1965), S. 193-196.

SCHULTE, B., Eine kritische Betrachtung zum Bewegungsstudium, in: Arbeitswissenschaft, 3. Jg. (1964), S. 35-40.

SCHULTE, B., Leistungsverhalten des Menschen bei feinmotorischen Handlungen, in: Refa-N., 13. Jg. (1960), S. 109-117.

SCHWAB, H., Die Erfahrungen über den langjährigen Einsatz von MTM in der IBM Deutschland, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 62. Jg. (1967), S. 417-420.

SCHWAB, J.L., Methods-Time Measurement, in: Industrial Engineering Handbook, hrsg. von H.B. Maynard, First Edition, Section 4, New York-Toronto-London 1956.

STEFFY, B., Die Anwendung vorbestimmter Zeiten, in: Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. von H.B. Maynard, Teil IV, Berlin-Köln-Frankfurt o.J. (Deutsche Übersetzung des Industrial Engineering Handbook, New York-Toronto-London 1956), S. 3-20.

STEHLE, W., Asymmetrische Häufigkeitskurven der Stückzeiten, in: Zbl. Arb.-Wiss., 7. Jg. (1953), S. 3-6.

STEINBRECHER, H., MTM in der Bekleidungsindustrie, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 59. Jg. (1964), S. 77-82; auch Sonderdruck der ZfwF, S. 10-13.

STIER, F., Bewegungsabläufe und Arbeitsbelastung bei Anwendung von Systemen vorbestimmter Zeiten, Manuskript eines Vortrages, gehalten am 10.10. 1965 vor IG Chemie, Papier, Keramik.

STIER, F., Das Bewegungsstudium in der Industrie, in: Arbeitswissenschaft, 4 (1965), S. 101-106.

STIER, F., Die Anwendung des Work-Factor-Systems zur Konstruktion von Betriebsmitteln, in: Fortschrittliche Betriebsführung, Band 14, Erfolge mit Work Factor, Berlin-Köln-Frankfurt o.J., S. 111-126.

STIER, F., Was bringt uns Work-Factor?, in: Der Arbeitgeber, 13. Jg. (1961), S. 433-437.

STIER, F., MEYER, H.O., Physiologische Grundlagen der Arbeitsgestaltung, Lehrunterlage des Refa e.V., Darmstadt o.J.

STOLLE, H., Nutzanwendung des Work-Factor-Systems in der Arbeitsmethodengestaltung, in: Maschinenmarkt, 36. Jg. (1963), S. 42-44.

STROMMENGER, C., MTM und Wertanalyse, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61. Jg. (1966), S. 547-550.

STUMPF, A., Die Genauigkeit von Zeitaufnahmen, in: Stahl und Eisen, 75. Jg. (1955), S. 1640-1645.

TAGGART, J.B., Comments on "An Experimental Evaluation of the Validity of Predetermined Time Systems, in: The Journal of Industrial Engineering, Vol. XII (1961), S. 422-427.

TOBLER, E., Moderne Zeit- und Bewegungsstudien, insbesondere das M-T-M-Verfahren, Bern 1957.

TOWNE, D., Work-Factor in der Datenverarbeitung, in: Work-Factor-Nachrichten, hrsg. von der Work-Factor-Gemeinschaft für Deutschland, Folge 2/3 (1968), o.O., S. 24-32.

ULMER, H., Optimale Arbeitsgestaltung mit Hilfe der Beidhandanalyse und des MTM-Verfahrens, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 60. Jg. (1965), S. 545-547 und S. 667-669.

Verband für Arbeitsstudien-Refa-e.V., Arbeitsstudium heute und morgen. Festschrift zum 70. Geburtstag von E. Bramesfeld, Berlin-Köln-Frankfurt 1963.

Verfahren vorbestimmter Zeiten, hrsg. von H. Pornschlegel, Band 8/9 der Arbeits- und betriebskundlichen Reihe, Köln 1968.

VITS, W., Die Bedeutung des MTM-Verfahrens im Arbeitsstudium, in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 5. Jg. (1967), S. 549-552 und S. 663-668.

WALLNER, J.M., Das MTM-System als Rationalisierungs- und Kalkulationsgrundlage, in: Technische Rundschau, Sonderdruck, Heft 55.

WEINBERG, F., Optimale Lohngestaltung, in: Industrielle Organisation, 28. Jg. (1959), S. 261-268.

WIEDEMANN, A., Arbeitsgestaltung aus psychologischer Sicht, in: Refa-N., 13. Jg. (1960), S. 37-42.

WILLENBACHER, K., Stellungnahme zum Aufsatz von G. Langheinrich, in: Refa-N., 19. Jg. (1966), S. 221-222.

WILLENBACHER, K., FRANCK, H.,	Das Work-Factor-Kurzverfahren, in: Refa-N., 18. Jg. (1965), S. 57-67.
WITTE, J.M.,	Kritik des Zeitstudienverfahrens, Berlin 1921.
WHYTHE, W.F.,	Lohn und Leistung, Eine soziologische Analyse industrieller Akkord- und Prämiensysteme, Köln-Opladen 1958.
WÖHE, G.,	Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 3. Aufl., Berlin und Frankfurt 1962.
Work-Factor,	Handbuch für das Schnellverfahren, Lehrunterlage des Refa e.V., Darmstadt o.J., bearbeitet von H.E. Pilz.
Work-Factor-Nachrichten,	hrsg. von der WFGD, bearbeitet von E.F. Kurz, Folge 1, Darmstadt 1966.
Work-Factor-Nachrichten,	hrsg. von der WFGD, bearbeitet von E.F. Kurz, Folge 2, Darmstadt 1966.
Work-Factor-Nachrichten,	hrsg. von der WFGD, bearbeitet von E.F. Kurz, Folge 2, Darmstadt 1967.
Work-Factor-Nachrichten,	hrsg. von der WFGD, bearbeitet von E.F. Kurz, Folge 1, Darmstadt 1968.
Work-Factor-Nachrichten,	hrsg. von der WFGD, bearbeitet von E.F. Kurz, Folge 2/3, Darmstadt 1968.
YOUNG, S.L.,	Misapplications of the Learning Curve Concept, in: JoIE, 17. Jg. (1966), S. 410-415.
ZIMMER, H.R.,	Einführung in MTM-Standard-Zeitwerte (MTM-GPD), in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 58. Jg. (1963), S. 575-580.

Abkürzungsverzeichnis

JoIE	Journal of Industrial Engineering
Refa-N.	Refa-Nachrichten
ZfhF	Zeitschrift für handelswissenschaftliche Forschung
ZfbF	Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung
ZfB	Zeitschrift für Betriebswirtschaft
ZfwF	Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung
BFuP	Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis
Zbl. Arb.-Wiss.	Zentralblatt für Arbeitswissenschaft und Fachberichte aus der sozialen Betriebspraxis
SvZ	Systeme vorbestimmter Zeiten
MTA	Motion Time Analysis
WF	Work-Factor
MTM	Methods-Time-Measurement
BMT	Basic Motion Time Study
DMT	Dimensional Motion Times
S	Schlaich's System
HL	Hinlangen
Tp	Transportieren
Dr	Drehen
Gr	Greifen
Vr	Vorrichten
Fü	Fügen
Mt	Montieren
Af	Ausführen

An	Anlegen
LL	Loslassen
Dt	Demontieren
Tr	Trennen
WOFAC	Work-Factor-Company